





58940

L. M. L.

SOCIÉTÉ VAUDOISE

2

DES

SCIENCES NATURELLES

Lausanne. — Imp. CORBAZ & Comp.

506.494
.S685

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ VAUDOISE
DES
SCIENCES NATURELLES

publié sous la direction du Bureau

PAR

FÉLIX ROUX



3^e S. — Volume XXIII

Ce volume contient les Bulletins N^{os} 96 et 97

publiés en 1887 et 1888.



LAUSANNE

LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HALDIMAND.

—
1888

N° 96, publié en mai 1887 Prix 3 fr. 50
N° 97, » en juin 1888 » 3 fr. —

Prix du volume XXIII
6 fr. 50

TABLE DES MÉMOIRES

DU VOLUME XXIII

	Pages
Ed. BORNAND. — La nature et l'origine de la gaine de Sarcolemme chez les poissons (Pl. I et II)	1
Ed. BORNAND. — De la distribution des nerfs dans la muqueuse buccale des poissons	6
H. BRUNNER et E. CHUARD. — La présence de l'acide glycosuccinique dans les végétaux	20
E. RENEVIER. — Le Musée géologique de Lausanne en 1886	27
H. BLANC. — Mortalité exceptionnelle des brochets du Léman en 1887	33
A. HERZEN. — Le travail musculaire et la loi d'équivalence thermodynamique.	38
Ch. DE SINNER. — Groupe de blocs erratiques près d'Yverdon (Pl. III)	49
A.-A. ODIN. — Etude d'une surface en un point donné	59
A. HERZEN. — Des effets de la thyroïdectomie	65
H. BLANC. — Sur une cochenille des pommiers (Pl. IV)	78
F.-A. FOREL. — Le ravin sous-lacustre du Rhône	85
A.-A. ODIN. — Des maxima et des minima de la distance de deux points appartenant à deux courbes ou surfaces données (Pl. V)	108
Ed. BUGNION. — Note sur un veau monstrueux	127
J. DUFOUR. — Notice sur quelques maladies de la vigne	129
E. CHUARD. — Note sur la présence du cuivre dans le vin des vignes sulfatées et sur le mécanisme de son élimination	146
J.-B. SCHNETZLER. — Observations sur une matière colorante des eaux du lac de Bret	152
H. PITTIER. — Le <i>Cardamine trifolia</i> L. dans la Suisse occidentale	156
J.-B. SCHNETZLER. — Sur les différents modes de reproduction du <i>Thamniium alopecurum</i>	161
F. ROUX. — Interrupteur électrique J.-E. Lecoultré (Pl. VI, VII et VIII)	164
F.-A. FOREL. — Les micro-organismes pélagiques des lacs subalpins	167
M. LUGEON. — Notice sur la molasse de la Borde (Pl. IX)	173
Ed. SCHMIDT. — Analyses de jus de raisins de Montreux et de Ville-neuve	176
A. HERZEN. — De la nature des mouvements fonctionnels du cœur	177
L. GAUTHIER. — Les températures excessives observées à la Vallée du lac de Joux, en janvier et février 1888	205
E. GOLLIEZ. — Rapport de la Commission de contrôle sur 1886, suivi du Résumé des comptes et du bilan, par L. PELET	209

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME XXIII

(Bulletins nos 96 et 97.)

Les chiffres romains se rapportent aux pages des procès-verbaux.

A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES

(Voir aux procès-verbaux.)

Assemblées générales. — L'assemblée générale de décembre est fixée au 15 dit, à 3 heures, p. v et vii. — Séance extraordinaire du 4 mai 1887, p. xx. — Invitations à la séance générale du 15 juin, p. xxi. — Assemblée du 15 juin, à Lausanne, p. xxiii.

Bibliothèque. — Offre de locaux pour bibliothèque et séances dans l'Athénée, renvoi au comité, p. i. — Dons de MM. Renevier et F.-A. Forel, p. v. — Don de M. Blatter, p. vii. — Dons de M. Renevier, p. x et xviii. — Don de M. Lœwenthal, p. x. — Don de la Soc. géologique suisse, p. x. — Fusion proposée avec la Bibliothèque cantonale, p. viii et xx.

Bureau. — Nomination du Comité pour 1887, p. vii. — Démission et remplacement du vice-président, p. ix.

Caisse. — Projet de budget pour 1888, p. viii. — Faillite du caissier, p. x. — Don de M. Marguet, J., p. xvi. — Concordat Dutoit, p. xx. — Comptes pour l'exercice 1886, p. 209. — Don de M. F.-A. Forel, p. xxvi.

Commissions. — Commission du Léman, p. vi et vii. — Commission de vérification des comptes, p. viii et xvi. — Commission financière, p. xii. — Rapport de la commission de vérification pour 1886, p. xxiii et 209.

Décès. — M. E. Wartmann, p. iii; — B. Studer, p. xx.

Démissions. — MM. Perdonnet et Hochreutiner, p. i; — Lommel et Isler, p. v; — de St-George, Dr de la Harpe, Villard, p. vii; — A. Chapuis, Ch. de Montet, J.-B. Duperthuis, L. Martinet, D. Duperthuis, p. xv.

Réceptions. — a) Membres honoraires: MM. Th. Studer, à Berne; — A. Cornut, à Paris, p. xxiv.

b) Membres effectifs: MM. M. Lugeon, p. v; — P. Blatter, p. vii; — F. Seiler, E. Wulliemoz, p. x; — Delebecque, ingénieur, p. xviii.

Faits divers. — Invitation de la Société bernoise des Sciences naturelles, p. v, vii et ix. — Invitation de la Société d'émulation du Doubs, p. vii. — « Heer-Monument », clôture de la souscription, p. vii. — Usines à la chute du Rhin, p. xx. — Visite de M. le prof. Clèves, d'Upsal, p. xxv.

B. TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Les communications faisant l'objet d'un mémoire sont marquées d'un (*), et la page est indiquée en chiffres arabes. Les chiffres romains se rapportent aux procès-verbaux.

Mathématiques, Astronomie.

- Variation annuelle de la longueur du jour, représentation graphique, Grenier, p. II.
- (*) Visibilité des planètes, Rapin, p. IV.
- Méthodes et instruments de mesure, A. Palaz, p. IX.
- Analyse de l'ouvrage de Faye sur « les cosmogonies anciennes et modernes », Guillemin, p. XI.
- Occultation d'Aldébaran par la Lune, le 2 mars 1887, Rapin, p. XVI.
- (*) Etude d'une surface en un point donné, A.-A. Odin, p. 59.
- (*) Des maxima et des minima de la distance de deux points appartenant à deux courbes ou surfaces données, A.-A. Odin, p. 108.
- La perspective réelle. Appareil pour déterminer dans un tableau la place des différents points d'un paysage, Dapples, p. XXV.

Météorologie, Physique du globe.

- Parallélisme des courbes obtenues avec des appareils tromométriques et grisométriques, de Sinner, p. III.
- Note sur quelques effets de la foudre, H. Dufour, p. III et IV; vol XXII, p. 202.
- Programme d'études limnologiques pour les lacs subalpins, F.-A. Forel, p. V.
- Grotte naturelle du glacier d'Arolla, F.-A. Forel, p. IX.
- Physique des glaciers, F.-A. Forel, p. X.
- Aérolithe de Mocz (Transylvanie), F.-A. Forel, p. XIII.
- Observations météorologiques pour 1886, J. Marguet, p. XIV; vol. XXII, p. 215, 240, 245.
- Eboulement du Tauretunum, recherches faites, S. Chavannes, p. XV.
- Observations météorologiques du Champ-de-l'Air, H. Dufour, p. XV.
- Tremblement de terre en Suisse, du 23 février 1887, F.-A. Forel, p. XVIII.
- Les animaux perçoivent à l'avance les éboulements de montagnes, Gollier, p. XVIII.
- Relief des bassins des lacs Léman et de Neuchâtel, Cornu, p. XVIII.
- Aérolithe de Mazapil (Mexique), 27 novembre 1885, F.-A. Forel, p. XX.
- Etat des glaciers en 1886, F.-A. Forel, p. XX.
- (*) Ravin sous-lacustre du Rhône, F.-A. Forel, p. 85.
- Phénomènes de tassement lors de la construction du quai Lochmann, à Morges, F.-A. Forel, p. XXVI.
- Reproduction par la photographie des stries de fusion du grain du glacier, etc., F.-A. Forel, p. XXVII.
- Etude de la pénétration de la lumière dans le lac; modification de la méthode, F.-A. Forel, p. XXVII.
- (*) Températures observées à la Vallée de Joux, en janvier et février 1888, Gauthier, p. 205.

Physique pure et appliquée.

- (*) Interrupteur électrique J.-E. Lecoultre, p. iv et 164.
- Reversibilité des forces physiques (suite), Guillemain, p. x.
- Action d'un aimant sur un liquide en mouvement, H. Dufour, p. xi, xv.
- Liquéfaction et solidification des gaz, H. Brunner, p. xv.
- Mesure de l'évaporation, H. Dufour, p. xvii.
- Images à couleurs complémentaires au moyen de glaces colorées, H. Dufour, p. xix.
- Appareil de mesure de la vitesse et de la direction du vent, H. Dufour, p. xx.
- Méthode nouvelle pour mesurer de faibles résistances d'une pile, Guillemain, p. xxi.

Chimie.

- (*) La présence de l'acide glycosuccinique dans les végétaux, H. Brunner et E. Chuard, p. 20.
- (*) La présence du cuivre dans le vin provenant de vignes sulfatées, E. Chuard, p. 146 et p. viii.
- Composition et mode de désagrégation des scories de déphosphoration de la fonte, E. Chuard, p. xix.
- (*) Analyses de jus de raisins, Ed. Schmidt, p. 176.

Géologie, Minéralogie, Paléontologie.

- Présentation de plaques de marbre de 0^m.001 d'épaisseur, Renévier, p. ii.
- (*) Rapport sur le Musée géologique en 1886, Renévier, p. 27.
- (*) Groupe de blocs erratiques près d'Yverdon, de Sinner, p. 49.
- Les sources du mont de Chamblon, H. Schardt, p. xii.
- Squelette fossile de *Myliobates*, Renévier, p. xiv.
- (*) La molasse de la Borde, M. Lugeon, p. 173.
- Découverte d'un ancien feu sous 1^m.50 de sablon, Guinand, p. xviii.
- Incrustations calcaires modernes de Terni, Renévier, p. xix, xxiv.
- Squelettes humains découverts près de Brescia, dans un terrain d'âge pliocène, Renévier, p. xxv.

Zoologie, Anatomie, Physiologie.

- (*) Les micro-organismes des lacs d'eau douce, F.-A. Forel, p. i et p. 167.
- L'irritabilité musculaire et la rigidité cadavérique, A. Herzen, p. iv.
- (*) L'origine et la nature de la gaine de Sarcolemme des poissons, Bornand, p. 1.
- (*) Distribution des nerfs dans la muqueuse buccale des poissons, Ed. Bornand, p. 6.
- (*) Mortalité exceptionnelle des brochets, H. Blanc, p. 33 et p. xxv; — id. F.-A. Forel, p. xxii.
- (*) Sur une cochenille parasite des pommiers (Pl. IV), H. Blanc, p. 78.
- Le picocarbonate de soude comme réactif colorant, N. Löwenthal, p. VI.
- Expériences de Langley sur l'influence de l'acide carbonique sur la pepsine et la propepsine, A. Herzen, p. vi.
- Influence de la rate dans la digestion, A. Herzen, p. x.

- (*) Le travail musculaire et la loi d'équivalence thermodynamique, A. Herzen, p. 38.
- (*) Des effets de la thyroïdectomie, A. Herzen, p. 65.
Gordius aquaticus, nouvel exemplaire trouvé dans le lac, F.-A. Forel, p. xviii.
 Observations sur la *Gromia Brunnerii*, H. Blanc, p. xxi.
 Découverte de l'*Unio batavus* vivant dans le Léman, H. Schardt, p. xxii.
- (*) Note sur un veau monstrueux, Ed. Bugnion, p. 127.
- (*) De la nature des mouvements fonctionnels du cœur, A. Herzen, p. 177.
 Pied de porc à 5 doigts, E. Piccard, p. xxiv.
 Présentation d'un caméléon vivant, H. Blanc, p. xxvi.
 Découverte d'un crâne macrocéphale à St-Prex, F.-A. Forel, p. xxvii.
 Anomalie présentée par des larves d'Eristalis, Bugnion, p. xxvii.
 La collection Vouga, oiseaux les plus remarquables de..., Larguier, p. xxvii.

Botanique, Agriculture, Sylviculture.

- (*) Note sur quelques maladies de la vigne, J. Dufour, p. 129.
- (*) Observations sur une matière colorante des eaux du lac de Bret, J.-B. Schnetzler, p. 152.
 Découverte de *Botrychium virginianum*, p. vii, d'*Arum Dracunculus*, p. xxi, L. Favrat.
- (*) Découverte de *Cardamine trifolia* L. dans la Suisse occidentale, H. Pittier, p. 156.
 Insectes nuisibles, *Lema asparagi* et *Bibio hortulanus*, J.-B. Schnetzler, p. xxii.
 Treille fissurée par le froid, J. Dufour, p. xxiii.
- (*) Les divers modes de reproduction de *Thamnium alopecurum*, J.-B. Schnetzler, p. 161.
 Infection d'un têtard par *Saprolegnia ferax*, J.-B. Schnetzler, p. xxvi.

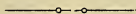


TABLE DES AUTEURS

BLANC, H.

(*) Mortalité exceptionnelle des brochets du Léman en 1887, p. 33 et xxv.

(*) Sur une cochenille des pommiers, p. 78.

Observations sur *Gromia Brunnerii*, p. xxi.

Présentation d'un caméléon vivant, p. xxvi.

BORNAND, Ed.

(*) L'origine et la nature de la gaine de Sarcolemme chez les poissons, p. 1.

(*) Les nerfs et la muqueuse buccale chez les poissons, p. 6.

BRUNNER, H., et CHUARD, E.

(*) L'acide glycosuccinique chez les végétaux, p. 20.

Liquéfaction et solidification des gaz, p. xv.

BUGNION, Ed.

Communication des travaux de M. Bornand, p. vii.

(*) Note sur un veau monstrueux, p. 127.

Larves anormales d'*Eristalis*, p. xxvii.

CHAVANNES, S.

Sur l'éboulement du Tauretunum, p. xv.

CHUARD, E., et BRUNNER, H. (voir Brunner, H.).

(*) La présence du cuivre dans les vins de vignes sulfatées, p. 146.

Composition et désagrégation des scories de déphosphoration de la fonte, p. xix.

CORNU, J.

Relief du bassin du Léman, p. xviii.

DAPPLES.

Appareil pour faciliter le dessin d'après nature, p. xxv.

DUFOUR, Ch.

Rapport du président, p. xxiii et vol. xxiv.

DUFOUR, H.

Quelques effets de la foudre, p. iii, iv. (Vol. XXII.)

Action d'un aimant sur un liquide en mouvement, p. xi, xv.

Observations météorologiques du Champ-de l'Air, p. xv.

Mesure de l'évaporation, p. xvii.

Glaces colorées et images complémentaires, p. xix.

Mesure de la vitesse et de la direction du vent, p. xx.

DUFOUR, J.

(*) Note sur quelques maladies de la vigne, p. 129.

Treille fissurée par le froid, p. xxiii.

FAYRAT, L.

Botrychium virginianum, p. xii.

Arum Dracuncululus, p. xxi.

FOREL, F.-A.

(*) Le ravin sous-lacustre du Rhône, p. 85 et p. xxii.

(*) Les micro-organismes pélagiques des lacs subalpins, p. 167.

Id., pour le Léman, p. i.

Programme d'études limnologiques, p. v.

Grotte du glacier d'Arolla, p. ix.

Physique des glaciers, p. x.

Aérolithe de Mocz, p. xiii.

Id., de Mazapil, p. xx.

Sur *Gordius aquaticus*, p. xviii.

Tremblement de terre du 23 février 1887, p. xviii.

Glaciers des Alpes, état en 1886, p. xx.

Mortalité des brochets, p. xxii.

Communications diverses, p. xxvi et xxvii.

GAUTHIER.

(*) Température excessives de la vallée de Joux, janvier et février 1888, p. 205.

GOLLIEZ, E.

(*) Rapport de la commission de contrôle, p. 209.

Perception anticipée des éboulements par les animaux, p. xviii.

GRENIER, W.

Courbes relatives à la longueur des jours, p. ii.

- GUILLEMIN.**
 Réversibilité des forces physiques, p. x.
 Cosmogonies anciennes et modernes d'après Faye, p. xi.
 Mesure de faibles résistances d'une pile, p. xxi.
- GUINAND.**
 Découverte d'un ancien feu, p. xviii.
- HERZEN.**
 (*) Le travail musculaire et la loi d'équivalence thermodynamique, p. 38.
 (*) Des effets de la thyroïdectomie, p. 65.
 (*) De la nature des mouvements fonctionnels du cœur, p. 177.
 L'irritabilité musculaire et la rigidité cadavérique, p. iv.
 Influence de CO² sur la propepsine et la pepsine, p. vi.
 Id., de la rate dans la digestion, p. x.
- LARGUIER.**
 La collection Vouga, présentation, p. xxvii.
- LECOULTRE, J.-E.**
 (*) Interrupteur électrique, p. iv et 164.
- LÆWENTHAL, N.**
 Picrocarbonate de soude comme colorant en histologie, p. vi.
- LUGEON, M.**
 (*) Molasse de la Borde. p. 173.
- MARGUET, J.**
 Dernier rapport météorologique, p. xiv. (Voir vol. xxii, p. 215 et suiv., trois mémoires.)
- ODIN, A.-A.**
 (*) Etude d'une surface en un point donné, p. 59.
- (*) Des maxima et minima de la distance de deux points appartenant à deux courbes ou surfaces données, pl. V, p. 108.
- PALAZ, A.**
 Méthodes et instruments de mesure, p. ix.
- PICCARD, E.**
 Pied de porc à 5 doigts, p. xxiv.
- PITTIER, H.**
 (*) *Cardamine trifolia*, L., p. 156.
- RAPIN.**
 Visibilité des planètes, p. iv.
 Occultation d'Aldébaran par la Lune, p. xvi.
- RENEVIER, E.**
 (*) Le musée géologique en 1886, p. 27.
 Structure du marbre de Roches, p. ii.
Myliobates fossile, p. xiv.
 Incrustations de Terni, p. xix et xxiv.
 Squelettes humains d'âge pliocène, p. xxv.
- SCHARDT, H.**
 Sources de Chamblon, p. xii.
Unio batavus dans le Léman, p. xxii.
- SCHMIDT.**
 (*) Analyses de moûts, p. 176.
- SCHNETZLER, J.-B.**
 (*) Matière colorante des eaux de Bret, p. 152.
 (*) Modes de reproduction de *Thamnium alopecurum*, p. 161.
 Deux insectes nuisibles, p. xxii.
 Infection d'une larve de grenouille par un *saprolegnia*, p. xxvi.
- SINNER DE, Ch.**
 (*) Blocs erratiques, p. 49.
 Courbes tromométriques et gri-sométriques, p. iii.



BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES SCIENCES NATURELLES

3^e S. — Vol. XXIII.

N° 96.

Publié, sous la direction du Comité, par M. F. Roux.

Avec 5 planches. — Prix : 3 fr. 50.

Contenu :	Pages
Ed. BORNAND. — La nature et l'origine de la gaine de sarcolemme chez les poissons (Pl. I et II)	1
H. BRUNNER & E. CHUARD. — La présence de l'acide glycosuccinique dans les végétaux	20
E. RENEVIER. — Le musée géologique de Lausanne en 1886.	27
H. BLANC. — Mortalité exceptionnelle des brochets du Léman en 1887	33
A. HERZEN. — Le travail musculaire et la loi d'équivalence thermodynamique	38
Ch. DE SINER. — Groupe de blocs erratiques près d'Yverdon (Pl. III)	49
A.-A. ODIN. — Etude d'une surface en un point donné.	59
A. HERZEN. — Des effets de la thyroïdectomie.	65
H. BLANC. — Sur une cochenille parasite des pommiers (Pl. IV)	78
F.-A. FOREL. — Le ravin sous-lacustre du Rhône	85
A.-A. ODIN. — Des maxima et des minima de la distance de 2 points appartenant à deux courbes ou surfaces données (Pl. V)	108
Ed. BUGNION. — Note sur un veau monstrueux	127

(Chaque auteur est responsable de ses écrits.)

AVIS IMPORTANT. — On est prié de tenir compte des avis insérés à la seconde page de la couverture.

LAUSANNE

LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE WALDIMAND.



Septembre 1887.

COMITÉ POUR 1887

DUFOUR, Ch., prof., <i>Président</i> ,	Morges.
BUGNION, Ed., Dr (Grand-Chêne), <i>Vice-Président</i> ,	Lausanne.
BLANC, H., prof. (Clos-Rosiers, 1),	id.
FOREL, F.-A., prof.,	Morges.
CHUARD, E., prof., laboratoire du Tunnel,	Lausanne.

BIBLIOTHÈQUE

Montée de St-Laurent, N° 22, maison de la Société de consommation, ouverte le MERCREDI et le SAMEDI, en été de 2 à 6 h. du soir, en hiver de 2 à 5 h., sauf pendant les séances.

Bibliothécaire: M. L. MAYOR, prof. (Boulevard industriel).
Editeur du Bulletin: » F. ROUX, Directeur de l'Ecole industrielle (La Source, Cour).
Secrétaire-caissier: » KRAFFT, H., prof. (Villa Ponthaise).

AVIS

I. Les personnes qui désirent publier des travaux dans le Bulletin sont priées de tenir compte des observations suivantes :

1^o Tout manuscrit doit être adressé à l'*éditeur du Bulletin*. Il doit contenir l'adresse de l'auteur, l'indication du nombre d'exemplaires qu'il désire comme tirage à part, et celle du nombre de planches ou tableaux hors texte qui accompagnent le mémoire.

2^o Il ne sera fait de tirage à part d'un travail que sur la demande expresse de l'auteur.

3^o Les tirages d'auteurs peuvent être remis à leurs propriétaires avant que le Bulletin ait paru.

II. Nous rappelons aux Sociétés correspondantes que la *Liste des livres reçus*, publiée à la fin du volume, sert d'accusé de réception pour les publications qu'elles échangent avec nous.

On est prié de s'adresser à la librairie F. ROUGE pour la rectification des adresses qui ne seraient pas exactes.

SUR LA NATURE ET L'ORIGINE

DE LA

GAINE DE SARCOLEMME CHEZ LES POISSONS

par Ed. BORNAND, stud. med., Genève.

Pl. I et II.

Le but de ce travail est de rendre compte brièvement de quelques observations que j'ai eu l'occasion de faire à la station zoologique de Naples.

Je n'ai pas l'intention de discuter ici les diverses hypothèses émises au sujet de la formation de la gaine de sarcolemme, et je renvoie au travail de L. Bremer ¹ les personnes désireuses de se renseigner.

On ne sait que fort peu de chose, jusqu'à présent, sur la nature et le mode de formation de la gaine de sarcolemme des fibres musculaires striées. Ce n'est pas qu'on manque de théories, car beaucoup d'observateurs ont émis leur opinion sur la provenance et la nature de cette membrane d'apparence hyaline et anhyste.

Quelques-uns, et entre autres Bremer, ont été jusqu'à la déposséder de ses noyaux, en la réduisant à un simple produit de différenciation engendré par la suture de membranes dont l'existence n'est rien moins que prouvée. Ce savant s'est surtout attaché à prouver l'existence de certaines cellules dites corpuscules musculaires (Muskelkörperchen) et à démontrer leur importance et leur rôle capital dans la division des fibres striées, dans la formation du sarcolemme et dans celle de la plaque nerveuse terminale.

Il est nécessaire d'en dire deux mots, afin d'établir ici la différence entre les résultats obtenus par lui chez les vertébrés supérieurs, et les miens, basés sur une étude des poissons.

¹ L. Bremer. Ueber die Muskelspindeln nebst Bemerkungen über Struktur, Neubildung und Innervation der quergestreiften Muskeln. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 22. 1883.

Ces corpuscules sont des cellules sans membrane, granuleuses et d'un volume variable. Elles sont situées à l'intérieur de la fibre striée et poussent des prolongements dans diverses directions, de façon à former des mailles pentagonales, vues en coupe transversale, et rectangulaires, vues longitudinalement. Chaque corpuscule forme donc le nœud d'entrecroisement de ces mailles protoplasmiques interfibrillaires. Les champs de Cohnheim ne seraient autre chose que les coupes transversales de ces masses protoplasmiques du réseau.

Sans entrer dans le détail de la théorie de Bremer, il est nécessaire d'en indiquer un point important : Les corpuscules musculaires jouissent de la propriété d'augmenter leur masse protoplasmique cellulaire aux dépens de la substance contractile qui perd alors sa structure striée pour n'être plus que granuleuse. C'est chez eux que se manifesterait, d'après cet auteur, le premier signe de la division de la fibre : On voit d'abord le protoplasma du corpuscule augmenter de volume aux dépens de la substance contractile, puis le noyau s'allonge et se divise. Le nouveau produit a la forme d'un long tube, étranglé de distance en distance et composé de fuseaux ajoutés bout à bout.

Comment se détache la jeune fibre de la fibre mère ? Au moment où la nouvelle fibre est encore formée d'une série de fuseaux nucléés, le sarcolemme de la fibre mère subit une sorte de résorption, car on n'y distingue plus de double contour. C'est alors que commence la différenciation de la substance contractile chez la jeune fibre et ce n'est qu'à ce moment qu'apparaît son enveloppe de sarcolemme.

Le sarcolemme ainsi engendré ne serait, d'après Bremer, que la somme des membranes cellulaires des corpuscules musculaires. Et les noyaux qu'on aperçoit dispersés sur les fibres adultes ne seraient point des noyaux du sarcolemme, mais ceux des corpuscules musculaires encastrés dans la substance contractile.

Ces corpuscules posséderaient la propriété de se résorber chez les fibres adultes jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'un noyau isolé dans la substance contractile. Ce noyau aurait, en outre, la propriété d'émigrer vers la périphérie de la fibre.

Je ne m'explique pas comment Bremer concilie cette théorie avec son dire antérieur d'après lequel ces cellules sont dépourvues de membrane. J'avoue, pour ma part, n'avoir jamais ren-

contré de noyaux ou de corpuscules à l'intérieur de fibres striées de poissons, bien que j'aie examiné à ce sujet un grand nombre d'espèces appartenant aux genres les plus répandus dans le golfe de Naples.

Contrairement aux idées de Bremer, je considère le sarcolemme comme une formation secondaire dérivant de cellules connectives qui se fixent à la surface de la fibre.

En effet, sur la fibre striée du *Gobius capito* âgé de 3 à 5 jours et encore contenu dans l'œuf, on trouve de place en place des cellules fortement granuleuses, sans membrane et à noyau à peine visible. Ces cellules font proéminence et leur diamètre dépasse parfois le triple de celui de la fibre ténue sur laquelle elles sont à cheval (fig. 1). Plusieurs cellules présentent des signes d'une division évidente et il n'est pas rare d'en trouver deux réunies.

Sur les fibres prises sur des animaux plus âgés, ces mêmes cellules sont plus aplaties (fig. 2).

Elles sont multipliées et entourent la fibre d'un manteau granuleux, continu, parsemé de noyaux, et à travers lequel apparaît bien nettement la striation de la fibre qu'il entoure. Ce manteau devient tellement mince qu'il est masqué par la striation prononcée de la fibre, et ce n'est que sur les bords de celle-ci que l'on voit un double contour granuleux, avec des noyaux proéminents recouverts d'une légère couche de protoplasma.

Il faut se garder d'examiner les jeunes fibres dans la glycérine ou dans le baume. Le meilleur moyen pour bien voir la gaïne granuleuse, c'est d'examiner le muscle dans le liquide macératoire, l'eau ou tout autre liquide à faible indice de réfraction.

Le manteau s'observe bien sur les fibres de jeunes *Corvina*. Et si l'on a la chance de rencontrer, dans la préparation, des fibres brisées par la dilacération, il arrive souvent que la substance contractile présente une solution de continuité, alors que la gaïne granuleuse est intacte. Celle-ci s'étend alors comme un pont nucléé, reliant les deux fragments de substance contractile (fig. 2).

Les noyaux appartiennent donc bien à la gaïne et non à la fibre striée proprement dite.

Les cellules granuleuses, irrégulières, arrondies ou allongées, qui forment des nodosités à la surface des jeunes fibres striées, ont une ressemblance frappante avec les cellules amiboïdes dispersées dans le tissu conjonctif qui les environne.

Une preuve solide en faveur de cette analogie, c'est que sur les coupes transversales de faisceaux de fibres musculaires d'embryons de *Gobius*, on observe, cheminant entre les fibres, des cellules dont le noyau est souvent allongé et contourne la fibre.

On se convaincra en considérant les figures 1, 2, etc., qui représentent des fibres isolées de jeunes embryons de *Gobius*, qu'il n'y a pas trace de noyaux à leur intérieur. Les poissons m'ont paru différer, sous ce rapport, des mammifères, chez lesquels la fibre musculaire, examinée dans une phase embryonnaire, présente toujours un grand nombre de noyaux à son intérieur.

Les faits susmentionnés parlent donc plutôt en faveur de l'accroissement de la gaine de sarcolemme par l'apposition *in loco* de cellules amiboïdes, conjonctives, sur les jeunes fibres striées. Ils semblent exclure toute probabilité d'un accroissement de cette gaine aux dépens des parties constituantes de la fibre proprement dite.

Les figures caryokinétiques, mises en évidence par les couleurs d'aniline dans les noyaux du sarcolemme, peuvent donner lieu à deux explications suivant la manière de voir adoptée : Si la gaine est formée de cellules séparées, la division nucléaire a pour effet d'augmenter le nombre des cellules ; si on conçoit la gaine comme formée de cellules fusionnées, chaque division de noyau accroît les dimensions du sarcolemme à mesure que la fibre augmente de volume.

Pour appuyer ma manière de voir relativement à ce mode de formation de la gaine de sarcolemme, j'avance le fait qu'il existe un procédé analogue de formation des tuniques vasculaires.

C'est ainsi que Kölliker a montré que, chez les larves de *Hyla*, *Pelobates*, *Bufo*, *Bombinator*, la formation de la tunique musculaire, puis de l'adventive, a lieu par apposition de cellules venant de l'extérieur, c'est-à-dire du tissu conjonctif ambiant.

Ce savant a encore soutenu et démontré, dans son dernier travail ¹, un mode de formation analogue de la gaine de Schwann chez les larves de batraciens.

¹ A. Kölliker. Histologische Studien an Batrachierlarven. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. 43. 1885.

Ranvier a soutenu une théorie analogue au sujet de la formation de la gaïne de myéline. Le cylindre axe étant considéré comme un prolongement de la cellule nerveuse (ectodermique), la gaïne de myéline proviendrait de cellules mésodermiques (adipeuses) qui se mouleraient autour du cylindre-axe et se fusionneraient. La gaïne de Schwann représenterait les membranes de ces cellules soudées bout à bout. Chaque segment interannulaire offrant généralement un seul noyau adossé à la face interne de la gaïne, correspondrait par conséquent à une cellule adipeuse. La présence d'un noyau unique par segment interannulaire a été, en effet, confirmée par les observations de F. Boll.

J'ai observé moi-même les faits suivants :

a) On voit sur les jeunes fibres striées des cellules analogues aux cellules amiboïdes du tissu conjonctif ;

b) Les cellules déposées sur les jeunes fibres sont très rares et éloignées les unes des autres. Au contraire, sur les fibres plus vieilles, les noyaux sont plus nombreux ;

c) Les noyaux dispersés dans la gaïne granuleuse sont souvent très rapprochés l'un en avant de l'autre ou l'un à côté de l'autre ; on y observe aussi des mitoses. Tout cela indique que les cellules constitutives de la gaïne granuleuse se multiplient par division indirecte en longueur et en largeur.

Comment la jeune fibre striée se met-elle en rapport avec son nerf ? C'est là une question fort importante, mais difficile à résoudre. Je ne puis affirmer que les faits suivants observés chez *Gobius* et *Corvina* :

Le nerf entre de bonne heure en connexion avec la lame granuleuse que nous avons vue se déposer sur la jeune fibre musculaire.

Au point de son entrée, il se produit aussitôt une accumulation des noyaux et du protoplasma de cette gaïne, qui donne lieu à la semelle de la plaque nerveuse terminale.

Peu à peu la gaïne de Henle se continue sur la fibre striée, elle l'enveloppe d'une seconde lame sans structure qui se soude intimement sur la première.

A. Foriep¹ a démontré d'ailleurs la présence de ces deux lames par son procédé des digestions pancréatiques.

¹ A. Foriep. Ueber Sarkolemm und Muskelkerne. Arch. für Anat. 1878.

En résumé, voici les résultats de mes recherches :

1° La membrane de sarcolemme est de nature conjonctive.

2° Elle est composée de deux lames : l'une interne, granuleuse, nucléée, provenant de l'apposition *in loco* de cellules amiboïdes ; l'autre externe, hyaline, qui est le prolongement de la gaine externe du nerf.

3° Au niveau de l'entrée du nerf, la membrane interne conserve son aspect granuleux et forme cette masse protoplasmatique semée de noyaux, qui constitue la semelle de la plaque nerveuse terminale.

Naples, le 15 avril 1886.

ÉTUDE HISTOLOGIQUE

des nerfs et de la muqueuse buccale chez les poissons,

par Ed. BORNAND, stud. med., Genève.

Pendant mon séjour au bord de la mer, j'ai eu l'occasion d'étudier la muqueuse de la cavité buccale d'un certain nombre de poissons choisis comme types.

Voici la liste des espèces examinées :

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. <i>Petromyzon fluviatilis</i> . | 15. <i>Labrus merula</i> . |
| 2. <i>Hectanchus Griseus</i> . | 16. <i>Julis vulgaris</i> . |
| 3. <i>Scyllium (Catulus et Canicula)</i> . | 17. <i>Labrax lupus</i> . |
| 4. <i>Mustelus levis</i> . | 18. <i>Serranus</i> . |
| 5. <i>Raja clavata</i> . | 19. <i>Smaris vulgaris</i> . |
| 6. <i>Pristis antiquorum</i> . | 20. <i>Mutelus barbatus</i> . |
| 7. <i>Trygon violacea</i> . | 21. <i>Sargus annularis</i> . |
| 8. <i>Torpedo (Ocellaris et Mar-moratum)</i> . | 22. <i>Trygla hirundo</i> . |
| 9. <i>Syngnatus</i> . | 23. <i>Uranoscopus Scaber</i> . |
| 10. <i>Hippocampus antiquorum</i> . | 24. <i>Gobius capito</i> . |
| 11. <i>Congre</i> . | 25. <i>Blennius ocellaris</i> . |
| 12. <i>Muraena hellena</i> . | 26. <i>Mutella</i> . |
| 13. <i>Anguilla</i> . | 27. <i>Mæna</i> . |
| 14. <i>Solea</i> . | 28. <i>Lophotes</i> . |
| | 29. <i>Lophius piscatorius</i> . |
| | 30. <i>Cepola rubescens</i> . |

a) *Couche profonde de l'épithélium.*

Nous ne savons pas encore bien comment se comportent et quelles modifications subissent les éléments épithéliaux dans les divers moments de leur existence.

Max Schultze pensait que les cellules dentées s'engrenaient comme les roues d'un engrenage. Bizzozero confirma d'abord cette manière de voir, mais observa ensuite entre elles des espaces lacunaires et de petits ponts protoplasmiques.

Les cellules des couches profondes de l'épithélium pavimenteux stratifié de la muqueuse buccale des poissons, et surtout celles des sélaciens, sont arrondies ou légèrement polygonales. Leur contour est irrégulièrement découpé et le noyau entouré d'une masse protoplasmique inégalement répartie.

Deux cellules contiguës ne s'appliquent jamais exactement l'une contre l'autre; il existe des espaces intercellulaires traversés par de nombreux ponts et filaments protoplasmiques. Ces espaces, limités par les cellules et les filaments qui relient celles-ci, sont très irréguliers et ne paraissent pas communiquer partout entre eux.

Souvent, les parois se confondent sur une certaine étendue, et la lacune intercellulaire ne se forme qu'au point de réunion de trois cellules. Les larges ponts protoplasmiques se bifurquent parfois en un certain nombre de filaments qui limitent de très fines lacunes le long de la paroi de la cellule voisine.

Avec le temps, toutes ces lacunes entrent en communication et constituent un système de canaux intercellulaires.

Je n'ai jamais observé d'espaces atteignant la grandeur d'une cellule. Ils sont ordinairement fort petits, remplis d'une masse liquide qui prend l'aspect granuleux par l'action des réactifs.

Les coupes de la muqueuse des embryons montrent que les cellules des couches profondes de l'épithélium sont reliées par des filaments formés aux dépens du protoplasma de ces cellules. Ces ponts intercellulaires sont du protoplasma vivant, jouissant de la propriété de se contracter et de s'agrandir sous la pression des liquides contenus dans les espaces lacunaires.

Les lacunes intercellulaires constituent chez l'adulte un réseau compliqué de canaux communiquant entre eux et développé surtout dans les couches profondes.

En résumé, ce mode de réunion des cellules nous dispense de former des théories sur une substance cimentaire qui n'existe

pas. Ces canaux lacunaires nous expliquent la présence de cellules migratrices entre les cellules épithéliales ; et nous concevons maintenant comment les filets nerveux peuvent former un réseau entre les cellules de la couche profonde.

Cette disposition explique également comment la lymphe ou le plasma sanguin peuvent pénétrer jusqu'aux couches superficielles, baigner les cellules caliciformes et leur fournir rapidement les matériaux nécessaires à leur grande activité sécrétoire.

b) *Couche superficielle de l'épithélium, cellules en calice.*

Les réactifs en usage, tels que la liqueur de Müller, l'acide osmique à 0.5 %, l'acide acétique à 1 %, permettent d'étudier les cellules isolées. La couche superficielle se sépare généralement de la couche profonde après quelques minutes de macération, ou même sans macération.

Ce facile décollement de la couche épithéliale superficielle est probablement l'expression d'un phénomène qui se passe périodiquement pendant la vie du poisson.

Le professeur E. Bugnion ¹ a établi que chez l'Atolotl, la couche épithéliale superficielle se détache périodiquement par plaques, et se trouve ainsi subitement remplacée par la couche sous-jacente. Cette mue périodique et totale des vertébrés inférieurs diffère de la desquamation continue de l'épiderme des mammifères. Il est probable qu'il en est des poissons comme de l'Axolotl et que le décollement de la couche superficielle se produit par l'accumulation de liquide dans les espaces interstitiels de l'épithélium.

On peut surtout bien isoler cette couche chez le *Scyllium*, *Gobius*, *Smaris*, *Mutella*, etc. Les cellules sont de deux sortes ; les unes, aplaties à la surface et un peu plus cylindriques dans la couche qui lui est adossée, n'ont d'autre particularité que les échancrures qui embrassent les cellules de la seconde espèce ou cellules caliciformes.

Celles-ci ont une forme arrondie ou ovale ; leur volume variable atteint souvent le triple ou le quadruple de celui des cellules ordinaires de l'épithélium. Elles sont creusées d'une cavité qui communique avec la surface par un pore ou stomate.

La thèque a la forme arrondie, ovale ou plus rarement allon-

¹ Rech. sur les org. sensitifs du Protée et de l'Axolotl. *Bull. Soc. vaud.*, n° 70, p. 306.

gée. Son contenu est composé, comme chez toutes les cellules en calice, d'un réseau filamentaire¹ à mailles polygonales et d'une masse interfilamentaire.

Les couleurs d'aniline jouissent de la propriété de faire apparaître bien nettement ce réseau. On constate alors qu'il n'est en connexion ni avec la membrane cellulaire, ni avec le noyau. Les travées de ces mailles apparaissent comme formées d'une suite de granulations. La masse interfilamentaire n'absorbe les colorants que faiblement ou pas du tout. Elle se trouble un peu par l'addition d'acide acétique concentré et se dissout dans les alcalis.

On rencontre souvent des cellules en calice dont l'ouverture est surmontée d'une touffe de sécrétion. Cette touffe présente également la structure réticulée, seulement les mailles sont étirées, déformées et rompues.

Le noyau présente diverses formes ; il est ordinairement situé au fond de la thèque, où il prend la forme d'un croissant plus ou moins recourbé, à concavité regardant vers l'intérieur. D'autres fois, il est arrondi ou présente une forme elliptique. On peut toujours reconnaître un réseau protoplasmique à son intérieur, surtout sur les pièces fixées par l'acide osmique. Les noyaux des préparations qui ont subi l'action de l'acide chromique ou du liquide de Müller paraissent renfermer un contenu granuleux.

Le stomate par lequel s'ouvre la glande unicellulaire, à la surface de l'épithélium, varie de grandeur. Son diamètre atteint en moyenne les deux tiers de celui de la thèque. Souvent cette ouverture se trouve à l'extrémité d'un long cou qui donne à la cellule l'aspect d'une bouteille.

Il est une troisième catégorie de cellules que nous ne pouvons considérer ni comme cellules épithéliales proprement dites, ni comme cellules en calice, bien qu'elles se rapprochent de ces dernières par leur forme ovale et l'aspect de leur contenu. Ce sont les cellules muqueuses (*Schleimzellen*), qu'on rencontre un peu à tous les niveaux parmi les cellules de revêtement.

Plusieurs auteurs² pensent que les cellules en calice dérivent de ces cellules ovales. Ces dernières seraient peu à peu poussées

¹ Décrit par Langerhans chez les larves de Salamandre. *Archiv f. mikr. Anat.* IX, 1873, p. 747.

² Voyez entre autres Fr. Schulze. *Archiv f. mikr. Anat.* III, 1867, p. 168.

vers la périphérie pendant que les cellules en calice se résorbent et disparaissent.

Je ne m'explique pas bien ce procédé chez les poissons, du moins pour ce qui concerne la muqueuse buccale. Jamais, sur des pièces convenablement fixées, je n'ai rencontré une cellule caliciforme en voie de destruction ou de résorption.

La mue périodique explique mieux le remplacement de la couche superficielle par la couche sous-jacente. Les cellules ovales se muniraient alors d'un pore excréteur.

La formation du stomate, dans ces cellules ovales et fermées, est cependant énigmatique. Elle ne peut avoir lieu par déchirement, car le pore est toujours arrondi, sans déchirures, et nettement délimité par un liseré sur les préparations imprégnées au nitrate d'argent.

Il est vrai qu'on a pensé expliquer le phénomène, en faisant intervenir un processus de résorption à l'endroit destiné à devenir pore excréteur.

Il n'est point prouvé que les cellules caliciformes se détruisent chaque fois qu'elles ont expulsé leur contenu. Je les considère plutôt comme des glandes unicellulaires nettement différenciées et à fonction persistant après l'expulsion du contenu muqueux. Elles jouissent d'une grande activité sécrétoire et sont continuellement baignées par la lymphe qui circule dans les lacunes intercellulaires. •

c) *Structure histologique des nerfs de la muqueuse.*

Dans l'étude des nerfs, je me suis attaché à reconnaître la structure fibrillaire du cylindre-axe et la nature de la gaine de Schwann.

Le travail classique de Max Schultze sur « la structure histologique de la muqueuse olfactive des vertébrés »¹, répandit un flot de lumière sur l'intéressante question de la structure du cylindre-axe. Il ressort de ses belles recherches que la fibre du nerf olfactif des mammifères, oiseaux, amphibiens et poissons, se résout en fibrilles très ténues, qu'il suppose périphériquement en connexion avec les prolongements variqueux des cellules sensorielles. Il constate non-seulement la résolution périphérique en fibrilles, mais il poursuit ces fibrilles dans tout le parcours du nerf jusqu'au bulbe olfactif. Plus tard, il décrit encore

¹ Bau der Nasenschleimhaut. Abh. der Nat. Ges. Halle. Bd. 7.

la structure striée des cellules ganglionnaires des couches antérieures de la moelle du veau, et à l'aide de solutions très étendues d'acide chromique et de ses sels, il démontre la structure fibrillaire des prolongements des cellules et du prolongement de Deiters.

Entre les fibrilles se trouve une substance interfibrillaire inégalement distribuée; elle est plus abondante dans les cellules ganglionnaires que dans les prolongements cylindre-axiles. Et son absence à la périphérie détermine enfin la réduction de la fibre en fibrilles.

Se basant donc sur le fait constaté de la réduction du nerf olfactif en fibrilles vers son extrémité périphérique, Max Schultze admet, sans pouvoir les isoler, la continuation de ces fibrilles jusque dans les centres nerveux. Citons encore en passant quelques opinions des auteurs qui firent ensuite des recherches dans cette direction.

Fromman démontra la structure fibrillaire du cylindre-axe à l'aide de la méthode de l'argent. Schmidt, à l'aide des mêmes moyens, considéra les fibrilles comme formées de granulations arrangées en ligne. Nous reviendrons plus loin sur cette manière de voir.

Axel-Key et Retzius soutiennent également cette théorie des granulations et décrivent entre ces séries des espaces interfibrillaires d'aspect homogène.

Citons encore Kuhnt, qui se prononce pour la structure homogène du cylindre. Fleischl et F. Boll ont cherché à démontrer que le cylindre est liquide à l'état vivant, et Jolly prétend que la structure fibrillaire est produite par l'acide chromique.

Schwalbe, enfin, parvint à observer dans les cellules fraîches des ganglions spinaux de la grenouille, une structure réticulée qu'il regarde comme analogue à la structure fibrillaire décrite par Max Schultze.

On s'explique difficilement une pareille divergence d'opinion chez des observateurs aussi compétents. Elle provient sans doute du fait qu'on a trop négligé les méthodes sûres et simples indiquées par Max Schultze, et que chacun observant des nerfs traités par son réactif favori, se fit une idée différente de leur structure. Il suffit de jeter les yeux sur les travaux très complets de Kuhnt (*Arch. f. mikr. Anat.* XIII) et de Hans Schultze (*Arch. f. anat. u. physiol. Anat. Abtheil.* 1878) pour se faire une idée du nombre des auteurs cités et de la diversité des opinions.

H. Schultze soumit les nerfs des vertébrés et invertébrés à une investigation rigoureuse à l'aide des méthodes les plus variées. Il arriva, pour les premiers, à la conclusion que le cylindre-axe est bien fibrillaire. Cependant, il n'isola jamais complètement ces fibrilles. Je me suis servi de quelques-uns des réactifs employés par cet observateur, et j'ai eu le bonheur d'obtenir une isolation complète et parfaite des fibrilles.

Examinés à l'état vivant, dans un des nombreux liquides indifférents préconisés par M. Schultze, les cylindres-axes des nerfs de la muqueuse buccale présentent déjà la structure finement striée longitudinalement.

C'est surtout sur les fibres pâles qu'il est aisé de poursuivre la striation. On voit le cylindre-axe quitter sa gaine, se continuer sous forme d'un faisceau de fibrilles et se résoudre enfin en un plexus à travées parsemées de longs et étroits noyaux. On poursuit parfois la striation du cylindre jusqu'à l'intérieur de la gaine à myéline, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter aucun réactif.

L'acide chromique et ses sels, l'acide osmique, le chlorure d'or font apparaître nettement cette striation; mes résultats parfaitement concordants avec ceux de M. Schultze, me dispensent de répéter ses paroles. Mais la nature fibrillaire du cylindre-axe une fois constatée, quel est le mode le plus convenable pour isoler ces fibrilles, dissoudre le ciment qui les relie et prouver que la striation n'est pas un produit artificiel engendré par les réactifs?

Il suffit de recourir à une méthode très simple, celle de la *digestion artificielle* des tissus.

Des fragments de la muqueuse du *Scyllium catulus* avaient été abandonnés, accompagnés de fragments de l'estomac, dans une faible solution d'acide acétique. Au bout de 12 à 24 heures, les tissus avaient subi une macération et une digestion telle qu'il était possible de les dissocier sans effort et d'en examiner les fragments sous un fort grossissement et dans le liquide macératoire. La plupart des fibres pâles présentaient l'aspect d'une gerbe de blé détachée, et les fibres primitives s'apercevaient sans peine. Elles sont excessivement ténues, d'aspect homogène et portent çà et là un renflement très faiblement proéminent, allongé en fuseau et nettement granuleux (fig. 1).

Hans Schultze a très bien dessiné ces espèces de dilatations granuleuses sur les fibres nerveuses traitées par des réactifs. Ils

correspondent parfaitement aux renflements que porte chaque fibrille primitive sur son parcours.

Nous voyons, en résumé, que les fibrilles du cylindre-axe sont des éléments bien réels et isolables. Ce ne sont point, comme le pense Schmidt, une file de granulations ; ou, suivant Jolly, « des produits artificiels engendrés par l'acide chromique ».

d) *De la distribution des nerfs dans la muqueuse buccale.*

Pour l'étude de la terminaison des nerfs, j'ai suivi deux méthodes qui se complètent.

La première consiste à laisser séjourner, pendant quelques minutes, des fragments frais de muqueuse dans une solution de chlorure d'or à 1 %, puis d'opérer la réduction à chaud dans un bain d'acide tartrique concentré ou d'acide acétique à 1 % chauffé à la température de 45 ou 50° C. La réduction s'effectue en quelques heures et on reconnaît qu'elle est suffisante à la couleur brune des fragments de muqueuse.

Cette méthode à réduction rapide possède sur les méthodes à réduction lente l'avantage qu'elle réussit plus souvent. Mais elle a l'inconvénient de contracter beaucoup les tissus, ensorte qu'il est nécessaire de les fixer étendus sur une plaque de liège avant de les abandonner au bain d'acide.

J'ai parfois obtenu d'excellents résultats en imprégnant d'or les coupes déjà fixées sur le porte-objet par l'albumine.

Inutile de dire que je n'ai doré que chaque fois qu'il s'agissait de faire des coupes.

La seconde méthode fournit des résultats bien meilleurs, bien que les nerfs ne soient pas vivement colorés. On fait macérer pendant quelques heures dans une solution à 0.5 % d'acide acétique. Ce réactif par excellence rend les fibres nerveuses pâles très réfringentes et fait ressortir les noyaux allongés qui s'y trouvent souvent accolés.

Une fois la muqueuse divisée en un certain nombre de couches, on peut les colorer soit par une solution fort étendue d'éosine, ou par la fuchsine acide, ou enfin par l'osmium.

Les nerfs se terminent dans la muqueuse buccale suivant quatre modes différents :

- 1° Dans des corpuscules spéciaux.
- 2° Par un plexus terminal sous et intraépithélial.
- 3° Dans les cellules sensorielles (gustatives).
- 4° Dans les cellules étoilées du tissu connectif.

1. *Corpuscules.*

Quelques auteurs ont décrit des massues de Krause ; mais dans la plupart des cas, ces massues n'existent pas et sont des produits artificiels provenant du mode de préparation. Car, par la macération, les fibres sombres se raccourcissent, finissent par se rompre, soit par la dilacération des aiguilles, soit par la pression du couvre-objet. L'extrémité d'une fibre ainsi brisée et enroulée produit un corpuscule entouré d'une certaine quantité de tissu conjonctif entraîné lui-même par le déplacement de cette extrémité ; celle-ci simule ainsi une massue terminale.

La présence de corpuscules spéciaux constituant une terminaison nerveuse, est donc encore douteuse chez les poissons.

2. *Plexus terminaux.*

C'est le mode de terminaison le plus fréquent. Les plus grosses branches nerveuses entrent dans la muqueuse en même temps que les vaisseaux. Elles sont formées par un nombre variable de fibres sombres et se réunissent en plexus par un échange mutuel de leurs fibres. Les mailles du plexus correspondent exactement aux mailles des capillaires. De ce plexus à mailles très larges se détachent çà et là des fibres isolées qui ne tardent pas à perdre leur gaine de myéline pour prendre l'aspect de fibres pâles.

Le passage d'une fibre sombre à une fibre pâle s'effectue ordinairement à un endroit où le nerf se divise. A ce point, le cylindre-axe se renfle légèrement, et de ce renflement partent deux ou trois fibres pâles nucléées, qui ne tardent pas à se diviser et à s'anastomoser pour constituer un réseau pâle à mailles fort étroites. Il est probable que les noyaux des rameaux nerveux pâles ne sont autre chose que les noyaux d'une gaine de Schwann ou de Henle excessivement fine qui enveloppe les filets nerveux les plus ténus. Les nerfs de l'organe électrique de la torpille offrent un exemple de ce fait.

A part les cellules sensorielles et les cellules ganglionnaires, toutes les autres cellules servent d'organes de protection, d'enveloppe à la fibre nerveuse.

Nous devons, en nous basant sur le développement de la fibre nerveuse, attribuer une gaine nucléée aux fibres les plus ténues qui portent des noyaux sur leur parcours, lors même que cette

gaine serait si étroitement soudée avec le cylindre-axe, qu'il serait impossible d'établir optiquement une séparation.

Dans la muqueuse buccale, on peut ordinairement isoler trois couches :

La première correspond à la partie profonde du derme ; c'est la couche spécialement vasculaire. La seconde s'isole avec la partie moyenne du chorion. La troisième s'observe surtout en connexion étroite avec la couche de Malpighi, lorsqu'on a réussi, par une délicate macération, à éloigner les diverses couches du derme et de l'épithélium.

Je décrirai cependant cinq couches qui correspondent à cinq aspects différents de nerfs ; ceux-ci étant d'abord visibles à l'œil nu, puis se ramifiant jusqu'à atteindre une ténuité visible seulement à l'aide des plus forts grossissements (900 à 1000).

1. — La première couche comprend les plus grosses branches, qui entrent dans la muqueuse en compagnie des vaisseaux. Ces nerfs se ramifient dichotomiquement, et on distingue très souvent des mailles formées par des branches qui se détachent du tronc principal pour se rapprocher ensuite de ce même tronc ou se joindre à un rameau voisin.

2. — Les nerfs de la seconde couche se détachent de ceux de la première, ils accompagnent également les vaisseaux de calibre moyen, et sont constitués par deux ou trois fibres à myéline et névrilemme qui se divisent pour former un réseau irrégulier. L'entrecroisement s'effectue par un échange des fibres d'une branche avec celles de l'autre.

Les travées formées par un même nombre de fibres sont rares, et nous avons dans la même couche des mailles à travées constituées par des branches volumineuses ou ténues.

Le plus souvent, on observe une formation mixte des mailles, c'est-à-dire que deux de leurs travées sont formées par des fibres de la seconde couche, tandis que les autres sont des fibres de la troisième. Enfin, nous avons aussi un échange entre les fibres de la première et celles de la troisième couche.

3. — La troisième couche forme un réseau dont les travées ne possèdent guère plus d'une ou deux fibres dépourvues de myéline, et sur lesquelles sont apposés de longs noyaux. Ces rameaux se détachent de ceux du plexus précédent, suivant deux modes différents : La fibre de la seconde couche perd insensiblement sa gaine de myéline, puis se divise en deux ou plusieurs

fibres pâles nucléées; ou bien, le rameau pâle s'échappe latéralement de la fibre à myéline et s'en éloigne à angle droit. Dans cette couche, les mailles affectent de préférence la forme rectangulaire, et les fibres pâles qui se détachent à angle droit des fibres à myéline sont de beaucoup les plus nombreuses.

4. — La quatrième couche se distingue de la troisième par le fait que ses travées ne sont plus composées que d'une seule fibre pâle nucléée, alors que, dans le cas précédent, il y avait parfois deux fibres réunies, dont l'une passait dans la travée voisine.

Les fibres pâles s'anastomosent directement, il y a réellement mélange de substance et non-seulement échange de fibres.

Aux points d'anastomose existent des renflements granuleux, sans noyaux. Dans le voisinage de ces nœuds d'entrecroisement, les travées perdent leur structure homogène pour devenir finement granuleuses.

5. — Enfin la cinquième couche est la plus superficielle et la plus délicate. Les travées qui la constituent sont excessivement ténues, d'un diamètre inappréciable, ne portent ni noyaux sur leur parcours, ni renflements protoplasmiques au point d'entrecroisement. Leur direction est rectiligne et elles circonscrivent des mailles polygonales. Ce plexus est situé en partie à la surface du chorion, en partie entre les cellules profondes de l'épithélium (plexus intraépithélial); c'est pour cette raison qu'il est très difficile de l'isoler. Je n'en possède qu'une préparation remarquable.

C'est dans les espaces où les cellules de la couche profonde de l'épithélium se sont dégagées, qu'on observe ce réseau dont les mailles atteignent approximativement le double de la grandeur des cellules.

Sur les coupes, on observe de minces filets qui se dirigent vers la surface et se mettent probablement en rapport avec les cellules sensorielles.

3. *Cellules sensorielles ou cellules à bâtonnet.*

Des cellules sensorielles isolées dans l'épithélium des poissons ont été décrites d'abord par Fœttinger chez la Lamproie. J'ai retrouvé ces cellules dans la muqueuse buccale de divers poissons.

Elles sont répandues entre les cellules épithéliales de la couche superficielle, et je crois être arrivé, sur des pièces fraîches

macérées, à saisir la connexion entre ces cellules et les fibres pâles.

Au moment où la fibre sombre perd sa gaine à myéline pour se transformer en fibre pâle, le cylindre-axe se renfle en massue (fig. 3) et de ce renflement granuleux partent deux ou trois fibres pâles. Les unes se résolvent en plexus, les autres aboutissent aux cellules en bâtonnet.

Parfois la fibre semble se terminer en bouton vers le milieu de l'épithélium. D'autres fois, un dépôt d'or dans une lacune fait l'effet d'une cellule ganglionnaire à prolongements granuleux. L'une et l'autre apparence sont trompeuses. Le fait que la fibre s'arrête vers le milieu de l'épithélium indique simplement qu'elle change brusquement de direction et que la coupe n'est pas dirigée exactement dans le sens de son parcours.

Les coupes ne sauraient suppléer à elles seules les autres méthodes en usage autrefois. Et beaucoup de recherches de ce genre effectuées au moyen de séries de coupes dans toutes les directions ne possèdent une valeur concluante qu'en tant qu'elles sont complétées par des procédés permettant d'avoir simultanément plusieurs plans sous les yeux.

Jamais je n'ai vu ces cellules à bâtonnet se grouper de manière à former un bouton gustatif. Je n'ai pas non plus réussi à découvrir dans la muqueuse buccale les curieuses cellules en massue décrites par Fœttinger dans l'épiderme du *Petromyzon*.

La forme de terminaison en plexus est de beaucoup la plus fréquente, bien que depuis His, Arnold, Billroth, Leydig et Kölliker, on ait plutôt décrit des terminaisons libres dans les muqueuses. On ne peut démontrer le plexus intraépithélial que rarement et chez des organes qui s'y approprient, à cause de la délicatesse des fibres pâles, de l'incertitude des moyens d'investigation et de la difficulté d'isoler ces fibres des tissus environnants.

4. Terminaison dans les cellules étoilées du tissu connectif.

Chez plusieurs espèces telles que *Blennius Ocellaris*, *Scyllium Catulus*, *Mutella*, etc., on observe une anastomose entre les fibres nerveuses et les cellules étoilées du tissu conjonctif. Un cas semblable fut décrit par Eberth dans la peau de la grenouille. Mais, sur l'assertion contraire de Klein et d'autres naturalistes, il ne soutint pas son dire.

Une connexion des nerfs avec les corpuscules étoilés de la

cornée, rendue probable cependant par les expériences de Pflüger sur la contractilité de ces éléments, est généralement niée aujourd'hui. On en peut dire autant de la relation des nerfs avec les Chromatophores du Caméléon et autres animaux, et cela en dépit des expériences de Brucke. Des connexions de ce genre entre les fibres nerveuses terminales et les cellules étoilées du tissu connectif sont cependant évidentes dans la muqueuse buccale des poissons et j'ai eu maintes fois l'occasion de vérifier ce fait tant sur des pièces fraîches que sur des préparations traitées au chlorure d'or.

Dans bien des cas, les fibres pâles anastomosées avec les prolongements des cellules conjonctives, forment un réseau magnifique entre ces grosses cellules. Ces dernières sont parfois bi ou trinuéclées, et cette prolifération des noyaux est un fait intéressant à noter (fig. 4).

Quelle explication donner de cette disposition ?

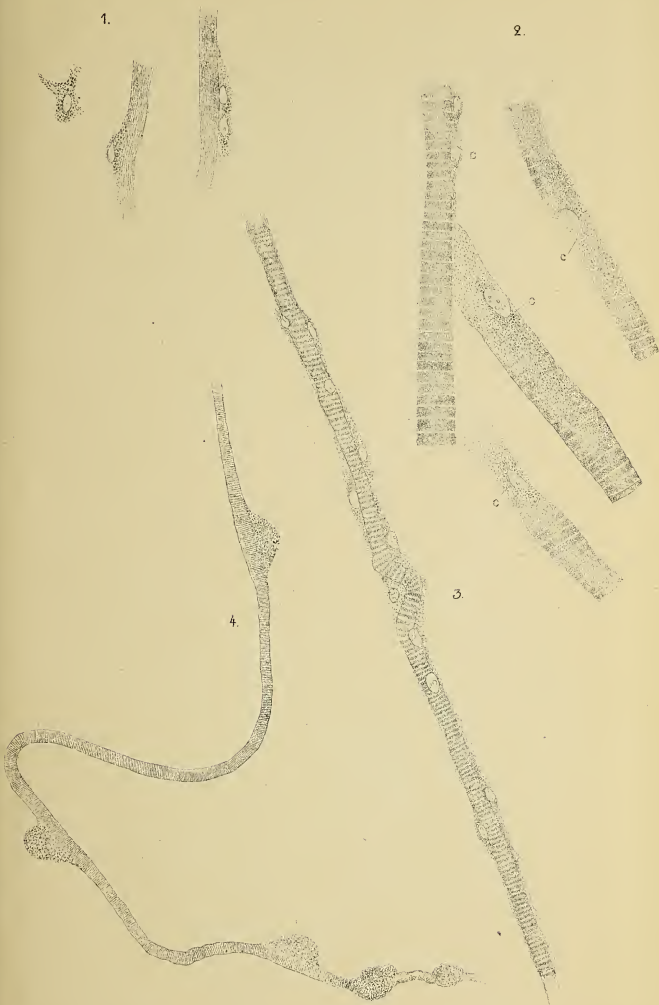
Pour Reichert, Redler, Arnold, Leydig, etc., qui ont émis l'opinion que les fins réseaux nerveux se développent aux dépens des cellules conjonctives, la chose est simple, et nous n'aurions affaire qu'à une phase de développement du réseau. Cette idée semblerait appuyée par la prolifération des noyaux et surtout parce qu'on ne rencontre l'anastomose des nerfs et des cellules conjonctives que chez les jeunes sujets.

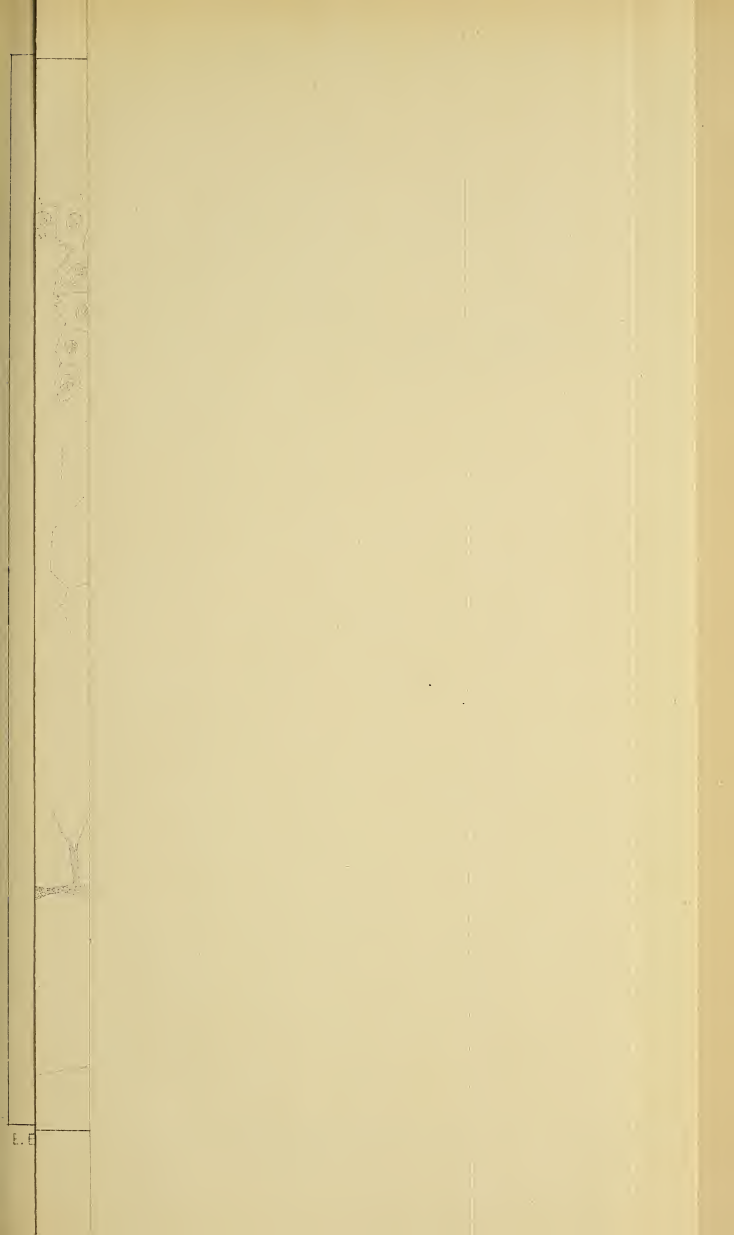
Enfin, j'indiquerai encore, pour être complet, la terminaison supposée des fibres nerveuses dans des *corpuscules spéciaux* (massues de Krause) encore douteux chez les poissons.

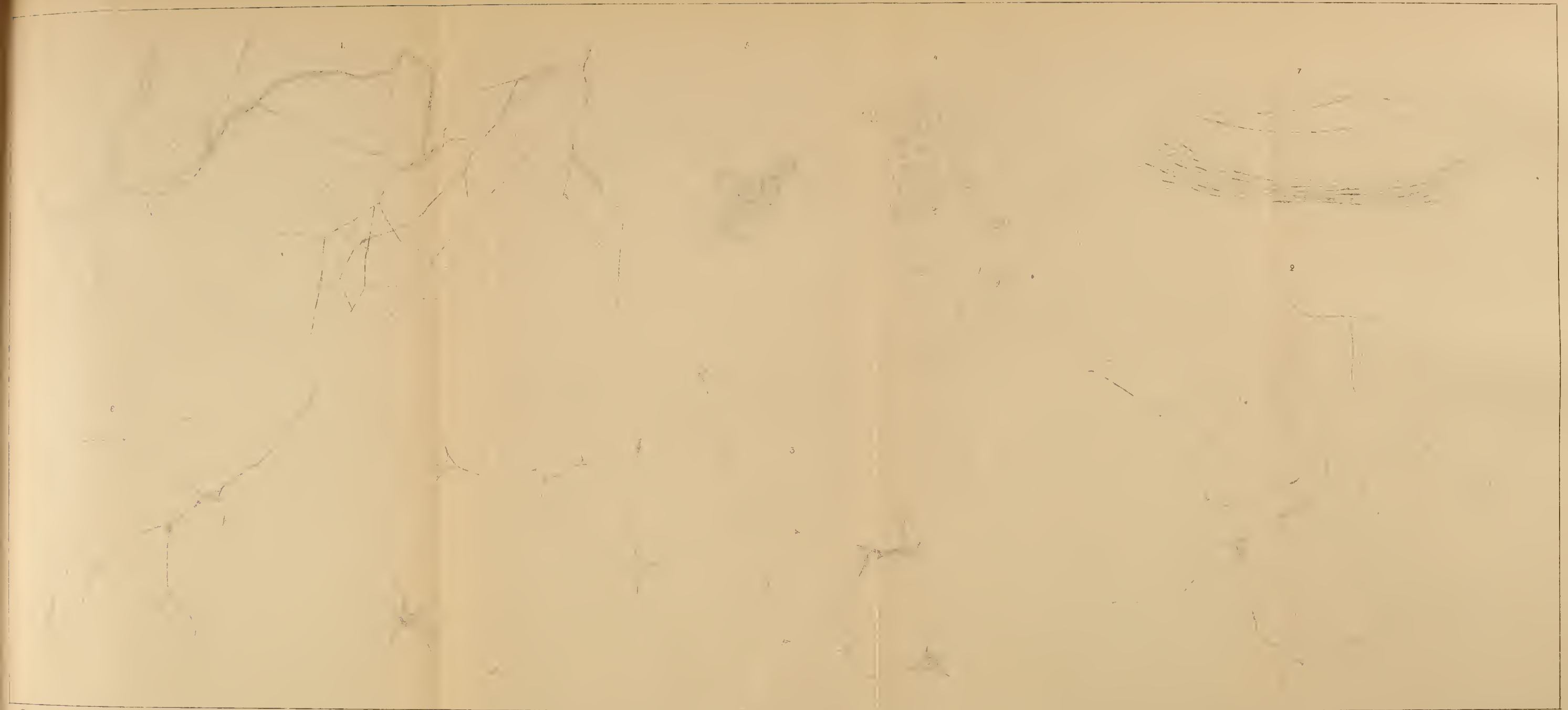
Naples, le 1^{er} juin 1886.

1.

2.







EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I.

1. Fibres musculaires d'embryons de *gobius* (encore dans l'œuf) avec cellules plasmatiques fortement granuleuses apposées sur ces fibres. (Macération ac. acétique ; picrocarmin, camera ; E. 2. Zeiss.)
2. Fibre musculaire d'embryon de *gobius capito*, avec cellules arrondies, granuleuses, sans membrane, disposées sur son parcours et s'étendant peu à peu pour la recouvrir. (Liq. Müller, E. 4.)
3. Fibres musculaires de jeune *Corvina*. La fibre est rompue dans sa partie médiane et montre la gaine de sarcolemme nucléée. (Liq. Flemming. E. 2.)
4. Fibres musculaires d'embryon de *gobius* (éclos) avec cellules formatrices de la gaine de sarcolemme (ac. acétique 0.05 %).

Planche II.

1. *Hippocampus antiquorum*. Nerfs cheminant dans le chorion de la muqueuse du plancher buccal et formant plexus.
2. *Scyllium catulus*. Plexus accolé à la couche profonde de l'épithélium buccal et envoyant des travées entre les cellules épithéliales.
3. *Ophidium Vassale*. Plexus sous-épithélial. Nerfs en connexion avec les cellules conjonctives étoilées. (E. 2 Z.)
4. *Ophidium Vassale*. Plexus intraépithélial. Les cellules dentelées laissent entre elles des espaces lacunaires dans lesquels cheminent les filets nerveux. Ac. acétique, ac. osmique. (E. 2.)
5. *Hippocampus*. Plexus intraépithélial, muqueuse palatine. (E. 4. Ac. acétique 1 %.)
6. Branche nerveuse nucléée dépourvue de myéline et portant sur son trajet des renflements d'où partent de petits filets qui forment plexus ou aboutissent aux cellules sensorielles.
7. *Scyllium*. Fibrilles du cylindre-axe, isolées par digestion.

Sur la présence dans les végétaux d'un acide glycosuccinique;
sa caractérisation comme acide mono-iodsuccinique,

PAR

H. BRUNNER et E. CHUARD

professeurs de chimie à l'Académie de Lausanne.

On sait que les fruits acides mal mûrs ne renferment généralement pas trace d'amidon, l'un des éléments les plus répandus de la cellule végétale.

En faisant des recherches sur cette absence de l'amidon, nous avons pu observer que si l'on ajoute au jus de n'importe quel fruit vert une solution d'iode, celle-ci est décolorée et l'iode absorbé dans une combinaison soluble et incolore. Cette décoloration ou cette absorption d'iode est d'autant plus considérable que le fruit est moins mûr. — On arrive facilement à déterminer la quantité d'iode absorbable, en ajoutant aux différents jus soit de l'empois d'amidon, soit du sulfure de carbone, comme indicateur, et en ajoutant la solution d'iode jusqu'à ce que l'amidon se colore en bleu ou le sulfure de carbone en violet, après agitation. Il était difficile d'admettre qu'un phénomène de ce genre n'ait pas encore été observé, et nous trouvâmes, en remontant à l'année 1861, que Buignet l'avait constaté et en avait fait une étude assez approfondie.

Buignet, dans un travail très intéressant et trop oublié: « Sur l'origine et les transformations du sucre dans les fruits acides ¹, » arrivait aux résultats suivants:

Dans les fruits mal mûrs se trouve une substance absorbant l'iode, analogue au tannin, dont la quantité diminue à mesure que la maturité s'avance, jusqu'à disparition complète. La combinaison iodée qui prend ainsi naissance est une masse jaune, amorphe, insoluble dans la plupart des dissolvants. Les acides et les ferments la transforment en un sucre dextrogyre, fermentescible, dont la quantité est déterminable par la solution de Fehling.

Lors même que la substance ne donnait aucune coloration avec les sels de fer, Buignet la considérait comme un tannin,

¹ Annales de chimie et physique, LXI, 282.

parce qu'elle se comportait comme un glycoside et qu'alors le tannin était rangé dans ce groupe de composés. Cette dernière hypothèse suffit déjà à montrer que les déductions de Buignet étaient erronées. Néanmoins nous avons jugé nécessaire de travailler d'après ses prescriptions et nous les avons appliquées aux jus de divers fruits mal mûrs, raisins, groseilles, pommes, bananes, etc. La solution d'iode employée était préparée par dissolution de 5 gr. d'iode dans l'alcool, qu'on diluait ensuite à 1000°.

Les jus de fruits étaient d'abord chauffés à l'ébullition ; puis filtrés, décolorés au charbon animal lorsque c'était nécessaire, et, après refroidissement à 15°, additionnés de la solution d'iode en excès (jusqu'à ce qu'un échantillon du jus, agité avec du sulfure de carbone, lui ait communiqué une coloration franchement violette). Il se formait au bout de quelques instants un précipité volumineux, floconneux, brun-jaune, qui augmentait graduellement. Après un repos de douze heures, on filtrait. Le liquide filtré renfermait de l'iode combiné, que le chlore, ou l'acide azotique concentré, mettait facilement en liberté. Le précipité était lavé à l'eau bouillante jusqu'à ce que le liquide filtré ne donnât plus la réaction de l'iode avec le chlore. Desséché, il formait une poudre brun-rouge, amorphe, insoluble dans l'eau et l'alcool, ne renfermant pas d'azote, et plus une trace d'iode ; la réaction de cet élément n'a pu être obtenue ni par traitement avec le chlore et le sulfure de carbone, ni par l'acide azotique fumant et le sulfure de carbone, ni par calcination préalable avec le potassium métallique et ensuite action du chlore.

La substance se dissout dans les alcalis caustiques avec une couleur rouge-brun ; cette coloration disparaît par addition d'un acide, en même temps que la substance est de nouveau précipitée.

Par chauffage avec l'acide chlorhydrique ou sulfurique dilué, elle ne donne pas de sucre. On doit donc probablement, d'après ces réactions, la ranger dans le groupe des matières pectiques. En tous cas, l'hypothèse de Buignet, considérant cette substance comme un glycoside, doit être écartée, et si cet observateur a obtenu du sucre par son traitement, on doit l'attribuer au fait que le précipité était incomplètement lavé, l'expérience nous ayant montré qu'un lavage répété, à l'eau chaude, pouvait seul extraire complètement les substances solubles retenues par le précipité. La combinaison formée par absorption de l'iode

n'est donc pas le précipité insoluble de Buignet. Elle doit être recherchée dans la solution filtrée, et c'est sur celle-ci qu'ont porté les recherches qui nous ont permis de l'isoler, après de nombreux tâtonnements. — Voici la méthode à laquelle nous nous sommes arrêtés.

Le jus exprimé des fruits était concentré au bain-marie, à la moitié de son volume, puis abandonné quelques heures pour faciliter le dépôt du précipité formé. Le liquide était ensuite décanté, additionné d'acétate de plomb neutre et filtré; le liquide filtré, débarrassé par l'hydrogène sulfuré de l'excès de plomb et par le chauffage de l'excès d'hydrogène sulfuré, était filtré de nouveau et additionné d'une solution d'iode jusqu'à ce que l'absorption soit terminée. Après un repos d'environ douze heures, on filtrait pour séparer le précipité formé. On obtenait ainsi un liquide limpide, coloré en brun-jaune, qui donnait avec l'eau de chlore et le sulfure de carbone une forte réaction d'iode, réduisait la liqueur de Fehling et donnait la réaction indiquée par l'un de nous pour les glycosides¹; le liquide fut traité par deux méthodes différentes :

1° Le liquide fut concentré au bain-marie, à consistance d'extrait, traité à plusieurs reprises par l'alcool absolu; l'alcool de ces extractions successives, distillé; le résidu repris par l'eau, décoloré par le charbon, filtré, et le liquide filtré évaporé, d'abord au bain-marie, puis sur l'acide sulfurique, dans le vide. Il restait un liquide sirupeux, légèrement jaunâtre, à réaction acide, réduisant la liqueur de Fehling, donnant avec la bile cristallisée la réaction des sucres, et capable de subir, en dilution convenable et par addition de levûre, la fermentation alcoolique. La solution déviait à droite le plan de polarisation. Elle renfermait donc encore de la glycose à côté d'un acide que nous avons trouvé être l'acide *mono-iodsuccinique*. Si l'on ajoute à la solution *concentrée* de l'acétate de plomb, il se dépose du iodure de plomb. Si l'on emploie une solution très diluée, l'acétate de plomb donne un précipité blanc de mono-iodsuccinate basique de plomb, un sel que l'on obtient encore plus facilement par la méthode suivante :

2° Le liquide iodé est chauffé à 90° et additionné d'acétate basique de plomb. Il se forme un précipité floconneux qu'on

¹ Brunner, Berichte VI, 97. Au lieu de la solution aqueuse de bile que l'on proposait alors, nous avons employé la bile cristallisée.

filtre rapidement, et lave à l'eau bouillante. Le liquide filtré et l'eau de lavage sont réunis et refroidis rapidement sous un courant d'eau froide. Il se forme un trouble assez abondant, qu'on filtre. Le liquide filtré est additionné de son volume d'alcool. Il se forme un précipité blanc cristallin, qu'on peut purifier par redissolution dans l'eau et précipitation par l'alcool.

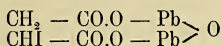
Le sel de plomb ainsi obtenu forme de petits cristaux blancs, prismatiques, très difficilement solubles dans l'eau froide, plus facilement solubles dans l'eau chaude, et qu'on peut dessécher à 100° sans décomposition. — Chauffé au tube fermé, ce sel donne un sublimé d'iodure de plomb. Une partie se carbonise.

L'analyse du sel desséché à 100° conduit à la formule $C_4H_3Pb_2IO_5$.

- 1) 0,4832 gr. substance ont donné 0,1345 gr. IO_2 et 0,0176 gr. H_2O .
- 2) 0, 209 " " " 0,0727 gr. iodure d'argent.
- 3) 0, 432 " " " 0,3860 gr. sulfate de plomb.
- 4) 0, 114 " " " 0,1030 " " "

Calculé pour $C_4H_3Pb_2IO_5$		Trouvé				p. %
C	7,14	7,59	—	—	—	
H	0,44	0,39	—	—	—	"
I	18,80	—	—	18,8	—	"
Pb	61,40	—	—	60,88	61,4	"

Ces chiffres, de même que les propriétés du sel, le caractérisent comme un mono-iodsuccinate basique de plomb, $C_4H_3PbIO_4 + PbO$, de la constitution



En traitant par l'argent moléculaire l'acide mis en liberté de ce sel par l'hydrogène sulfuré, on obtient de l'acide malique, fait qui prouve que l'on a réellement affaire à un iodsuccinate, car si l'on était en présence d'un dérivé iodé de l'acide malique, le traitement par l'argent moléculaire le transformerait en acide tartrique.

Les essais tentés pour obtenir l'acide iodsuccinique libre n'ont pas réussi, à cause de la rapide décomposition de ce corps. Nous avons donc dû nous contenter de la caractérisation de l'acide malique obtenu par sa transformation.

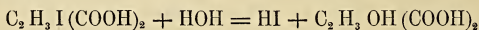
Dans ce but, le sel de plomb, mis en suspension dans l'eau,

fut décomposé par l'hydrogène sulfuré, et la solution obtenue après filtration, évaporée dans le vide. On obtenait ainsi un sirop jaunâtre, contenant de l'iode libre, et ayant subi par conséquent une décomposition partielle, que nous n'avons jamais réussi à éviter. — Ce résidu a été dissout dans l'eau et mis en digestion avec l'argent moléculaire. On sépara par filtration l'iodure d'argent formé et évapora la solution dans le vide. On obtint ainsi une masse blanche, cristalline, déliquescente, à réaction acide, ayant toutes les propriétés de l'acide malique. La solution dans l'eau donne un précipité blanc avec l'acétate de plomb, devenant gommeux par l'ébullition. Le chlorure ferrique ne donne pas de précipité et ne précipite plus par l'ammoniaque, après mélange avec la solution de la substance. Le sel d'argent desséché à 100° a donné les résultats suivants à l'analyse :

0,462 gr. de sel desséché à 100° donnèrent 0,284 gr. argent.

	Calculé	Trouvé
Argent	62,0	61,5 %

L'acide mono-iodsuccinique se transforme donc en acide malique, exactement comme le sel d'argent de l'acide mono-bromsuccinique.



La même décomposition s'accomplit par le traitement de l'acide mono-iodsuccinique avec le chlorure ferrique : le sel de plomb, en suspension dans l'eau, ayant été décomposé par l'acide sulfurique, et la solution filtrée, on obtenait, après neutralisation et addition de chlorure ferrique, une solution de couleur rouge-brun, qui déposait de l'iode par le chauffage. Une addition d'ammoniaque n'y occasionnait aucun précipité d'hydrate ferrique, réaction caractéristique pour le malate de fer.

La combinaison iodée étant connue, la question se posait maintenant de savoir quelle était la substance qui, dans les fruits verts, a la propriété d'absorber l'iode pour fournir cette combinaison. Les corps protéiques et le tannin, qui ont cette propriété absorbante, devaient être exclus, étant précipités par l'ébullition et le traitement par l'acétate de plomb; du reste, les jus expérimentés ne donnèrent jamais la réaction du tannin avec les sels de fer, et l'on n'a pu y constater, qualitativement, que des acides organiques et de la glycose. Déjà avant d'avoir reconnu la formation de l'acide mono-iodsuccinique, nous avions essayé

l'action de l'iode sur les acides glyoxylique, glycolique, oxalique, succinique, malique, tartrique et citrique, sans jamais obtenir le phénomène d'absorption. Il en a été de même en faisant agir l'iode sur la glycose.

Ainsi donc, ni les acides organiques constatés dans le jus de fruit, ni la glycose, ne possèdent la propriété d'absorber l'iode. Comme l'on ne constatait pas d'autres corps que ceux-ci dans les jus essayés, nous nous sommes demandé si le pouvoir absorbant n'était pas dû peut-être à la présence d'un glycoside, dont le dérivé iodé se dédoublait, par traitement avec l'acétate de plomb basique, en acide mono-iodsuccinique et glycose. S'il en était ainsi, le pouvoir absorbant des jus de fruits devait disparaître après l'action d'un agent décomposant les glycosides. L'expérience a justifié nos suppositions. Si l'on chauffe quelques minutes un jus absorbant avec une solution même diluée de soude caustique, ou avec l'acide sulfurique dilué, après neutralisation, l'iode n'est plus absorbé par le liquide.

L'action de la levure de bière n'est pas aussi complète. Après fermentation d'un liquide absorbant, nous avons constaté une diminution du pouvoir absorbant, mais non une disparition totale.

En nous basant sur la décomposition du glycoside en acide succinique et glycose, nous devons l'envisager comme un acide glycosuccinique. Nos essais pour préparer ce nouveau corps à l'état de pureté n'ont pas réussi jusqu'à maintenant; c'est pourquoi nous ne mentionnerons que brièvement les principales recherches tentées dans ce but.

Le jus de groseilles mal mûres fut chauffé à l'ébullition, filtré et additionné d'acétate neutre de plomb jusqu'à précipitation complète, — filtré de nouveau, et le glycoside précipité, dans le liquide filtré, par l'acétate basique de plomb. On obtint ainsi un précipité jaunâtre, que nous n'avons pas réussi à débarrasser de sa matière colorante. Après décomposition de ce précipité par l'hydrogène sulfuré, et évaporation dans le vide de la solution filtrée, nous avons obtenu une masse jaune pâle, de consistance d'extrait, qui était un mélange de glycose et d'acide succinique.

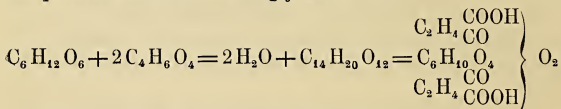
Cette substance ne possédait pas le pouvoir absorbant vis-à-vis de l'iode. L'acide glycosuccinique libre avait donc subi la même décomposition que son dérivé iodé, l'acide mono-iodglycosuccinique, qui se dédoublait en glycose et acide iodsuccinique.

Nous avons essayé d'arriver à la constitution de l'acide glyco-

succinique par l'analyse de son sel de plomb. Celui-ci n'ayant pu être obtenu entièrement pur, nous avons d'abord renoncé à l'analyse élémentaire, et entrepris la détermination de la quantité de sucre produite par le dédoublement. Le sucre a été reconnu comme dextrose. Deux analyses, l'une par la méthode Fehling, l'autre par la méthode gravimétrique, en recueillant et pesant l'oxydure de cuivre formé par réduction de la liqueur de Fehling, nous ont donné des chiffres assez différents, ne pouvant pas conduire à une constitution pour le sel de plomb.

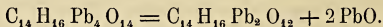
La détermination du plomb permet, au contraire, l'établissement d'une formule.

0,3181 gr. du sel desséché à 100° donnèrent 0,3149 gr. PbSO_4 , correspondant à 67,3 % de plomb. Cette quantité de plomb correspondrait à un sel de la formule $\text{C}_{14}\text{H}_{16}\text{Pb}_4\text{O}_{14}$. Celui-ci proviendrait d'un acide glycosuccinique $\text{C}_{14}\text{H}_{20}\text{O}_{12}$, qu'on pourrait considérer comme une combinaison de 2 molécules d'acide succinique avec une molécule de glycose.

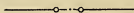


Nous avons vu plus haut que l'acétate basique de plomb précipitait le sel basique de l'acide mono-iodsuccinique, $\text{C}_4\text{H}_3\text{Pb}_2\text{IO}_3$, qui contient les éléments du sel neutre combiné à une molécule d'oxyde de plomb $\text{C}_4\text{H}_2\text{IPbO}_4\text{U}_4 + \text{PbO}$. A ce sel correspondrait également l'acide glycosuccinique dont nous donnons plus haut la formule, sous toute réserve.

Cet acide fixe aussi un atome de plomb et une molécule d'oxyde de plomb pour chaque molécule d'acide succinique, et forme le sel basique.



dans lequel le plomb ne remplace pas seulement l'hydrogène du carboxyle, mais encore, partiellement, celui des hydroxyles alcooliques de la glycose.



Le Musée géologique de Lansanne en 1886

RAPPORT ADRESSÉ A LA COMMISSION DES MUSÉES

par le conservateur E. RENEVIER, prof.



La marche de notre Musée géologique a été normalement progressive en 1886. Aussi bien par les dons que par nos achats et échanges, ce sont surtout nos collections de fossiles qui se sont augmentées. Celles de minéraux sont restées à peu près stationnaires.

Le travail de classement et de détermination a aussi passablement progressé, quoiqu'à mon gré il marche trop lentement.

Nous avons d'abord achevé l'arrangement des collections de fossiles de l'ère primaire. Puis au lieu de continuer comme l'année précédente à faire ce travail simultanément pour nos collections générales et régionales, j'ai pensé qu'il serait plus avantageux de nous occuper d'abord de ces dernières seulement, pour pouvoir plus promptement en exposer dans les vitrines les pièces les plus intéressantes.

J'ai pris en premier la région de nos *Hautes-Alpes calcaires* de Vaud et du Bas-Valais, dont avec l'aide de mon préparateur, M. Rittener, j'ai déterminé et classé tous les fossiles des périodes liasique, jurassique et crétacique. Je possédais dans ma collection particulière d'assez riches séries de ces divers terrains, que j'ai données au Musée au fur et à mesure de l'avancement du travail de détermination, de manière à former une riche collection de cette région si intéressante à divers titres.

Quoique ces fossiles alpins soient bien souvent mal conservés, nous avons là une collection d'une grande importance, et qu'on ne retrouvera dans aucun autre Musée, représentant tous les étages alpins depuis le Rhétien jusqu'au Cénomanien.

A côté de cette œuvre principale de classement, nous avons pu arranger beaucoup d'autres séries résultant de nos nouvelles acquisitions. C'est ainsi que j'ai pu obtenir de M. le professeur A. Jaccard ses types originaux du Purbeck pour les joindre à ceux que possédait notre Musée, et à ceux que j'avais obtenus les

années précédentes de MM. G. Maillard et Schardt. Tous les fossiles originaux du mémoire de M. Maillard, sur le Purbeck du Jura, se trouvent ainsi entre nos mains, et pourront être bien plus facilement consultés, que s'ils étaient restés disséminés dans 5 ou 6 collections différentes.

La principale partie de cette importante série se trouve maintenant exposée dans nos vitrines du Jura, et le reste est placé dans les tiroirs correspondants.

Quelques-unes de nos séries paléontologiques ont été confiées au dehors pour des travaux monographiques : M. le Dr WETTSTEIN, à Zurich, a reçu en communication nos poissons éocènes de Glaris. — M. GILLIÉRON, de Bâle, nous a emprunté un original du Bathonien alpin. — M. le prof. KOBY, qui avait depuis quelques années nos séries de polypiers jurassiques, nous les a récemment renvoyées, après en avoir fait figurer plusieurs. Il y a joint très aimablement une jolie série de polypiers coralliens du Jura bernois. — Enfin nous avons confié à M. le Dr PORTIS, à Turin (maintenant à Rome), nos crocodiles de Rochette, pour les décrire dans les Mémoires de la Société paléontologique suisse. Seule cette dernière série n'est pas encore rentrée.

Plusieurs savants ont concouru aux progrès du Musée en nous déterminant diverses séries spéciales : Nous devons à M. P. DE LORIOU la détermination de divers oursins et crinoïdes. — A M. DE FELLEBERG, de Berne, celle de divers minéraux du Valais, etc. — M. G. DOLLFUS, de Paris, a bien voulu se charger de déterminer une série d'environ 1200 mollusques des faluns de Touraine, que j'ai donnés au Musée à cette occasion. En outre, il a aimablement complété cette série en y ajoutant une vingtaine d'espèces, surtout des gastéropodes.

M. E. DUPONT, directeur du Musée royal belge, nous avait prié de lui procurer des plaques de marbre coralligène de notre pays, pour en faire des lames minces, en vue de l'étude microscopique. M. D. DORET, de Vevey, a bien voulu lui adresser de notre part deux belles plaques que nous avions choisies dans sa marbrerie de l'Arabie. En faisant scier et polir des plaques minces pour lui-même, M. Dupont a bien voulu nous en faire préparer de semblables pour le Musée de Lausanne. Elles mesurent 29 centimètres sur 36 $\frac{1}{2}$ centimètres, et grâce à leur parfaite transparence, on y voit beaucoup de polypiers, et d'autres organismes, qu'on ne peut pas distinguer sans cette préparation.

Nous devons encore à un ancien étudiant de notre faculté des sciences, M. W. ROBERT, la construction d'un modèle de forme cristalline, destiné à l'enseignement minéralogique.

A l'occasion de l'excursion de la Société géologique suisse dans les Hautes-Alpes vaudoises, pour laquelle le rendez-vous était à Lausanne, nous avons organisé, dans les vitrines de l'auditoire de géologie, une petite exposition des roches et fossiles de la contrée à parcourir. Nos collègues ont, en outre, visité les salles du Musée, pour voir les collections complètes.

Nous avons pu fournir pendant l'année une dizaine de collections d'enseignement à diverses écoles, savoir : aux deux *écoles supérieures* de jeunes filles de *Lausanne*; aux écoles supérieure et secondaire de *Lutry*; à l'école secondaire de *Cossonay*; à l'Institut des *sourds-muets de Moudon*; enfin aux écoles primaires de *Lonay*, *Bottens*, *Vuarrens* et *Pailly*.

En retour des divers envois que le Musée avait reçus, nous avons expédié les séries suivantes : A M. BAYLE, directeur des mines d'Autun, une petite caisse de minéraux. — A M. COSSMANN, ingénieur, à Paris, une série de fossiles liasiques, et une de fossiles crétaciques et nummulitiques des Alpes. — A M. DEVAUX, ingénieur, à Montreuil-Bellay, des ossements fossiles d'origines diverses. — A M. le Dr JAPIOT, à Dortan (Ain), une série de fossiles caractéristiques de divers terrains. — Enfin à M. AUG. JACCARD, au Locle, une série de feuilles fossiles de la mollasse.

Vers la fin de novembre, M. TH. RITTENER a quitté le Musée pour aller occuper provisoirement la place de professeur de sciences physiques et naturelles à Ste-Croix. C'est une perte sensible pour le Musée, car M. Rittener était bien au courant de tout ce qui concerne nos collections, et s'acquittait très bien de ses fonctions. Il a été remplacé provisoirement par le jeune Maurice Lugeon, qui ayant un goût prononcé pour la géologie, fait son possible pour bien remplir sa tâche, mais est loin d'avoir les connaissances de son prédécesseur.

J'en viens aux acquisitions nouvelles, par voie d'échange, de dons ou d'achat.

Echanges. — Nous avons reçu en 1886 une demi-douzaine d'envois en échange :

1. Le *Musée royal de Dresde* (M. le prof. GEINITZ, directeur) nous a envoyé deux séries de fossiles de Saxe, savoir 325 fossiles permien de Thuringe et 175 fossiles du crétacique supérieur saxon.

2. M. l'ingénieur COSSMANN, à Paris, nous a adressé une petite caisse de fossiles éocènes des environs de Paris, soit près de 300 échantillons, soigneusement étiquetés.

3. M. l'ingénieur DEVAUX, à Montreuil-Bellay, nous a fait parvenir des fossiles calloviens de sa contrée, au nombre de 70 environ, ainsi qu'une 50^e de fossiles tertiaires de l'ouest de la France.

4. M. le D^r JAPIOT, de Dortan (Ain), nous a envoyé une 40^e de fossiles du Jura français.

5. Enfin nous avons reçu de M. le prof. A. JACCARD, du Locle, une dizaine de fossiles crétaciques du Jura et un échantillon d'Itacolumite du Brésil.

Dons. — Les dons sont assez abondants cette année, surtout en fossiles du pays et de l'étranger. Je signale en particulier ma collection originale de fossiles de nos Hautes-Alpes vaudoises et bas-valaisannes, qui compte plus de 5350 échantillons, parmi lesquels beaucoup de pièces uniques ou très rares et un certain nombre d'originaux figurés.

a) *Publications diverses :*

British Museum. — Catalogue des Météorites.

Département de l'Instruction publique. — 24^e livraison des Matériaux pour la Carte géologique suisse.

Musée zoologique. — Brochure paléontologique.

Soc. vaudoise des sciences nat. — Bulletin N^{os} 93 et 94.

b) *Minéraux :*

De Fellenberg, à Berne. — 10^e de cristaux de Quartz de la Tour de Duin.

Longchamps, de Bottens. — Beau morceau de Mica erratique.

Hussi, instituteur, à Cossonay. — Quelques minéraux.

Charton, à Lausanne. — Dizaine d'échantillons.

c) *Roches :*

- Dupont, E.*, à Bruxelles. — 2 plaques minces de calcaire coralligène de Roche (Vaud).
Schmidt, C., à Fribourg i/B. — Schistes à Bélemnites du Nufenen.
Blanchet, Ch., à Lutry. — 50° de roches sidérolitiques du Jura bernois.
Prof. Jaccard, au Locle. — Quelques minerais de fer du Jura.
Id. — 12° d'échantillons du Chablais.
Délessert, Adrien. — Roche vitrifiée de Crissier.
Rittener, Th. — Série de roches du Pays-d'Enhaut.
Prof. Renevier. — Diverses roches des Alpes et du Jura.

d) *Fossiles étrangers :*

- Wundt*, de Schorndorf (Wurtemberg). — Caisse de fossiles du Wurtemberg (env. 300).
Engel, de Klein-Eislingen (Wurtemberg). — 100° de fossiles du Lias de Souabe.
Fayod, ingénieur, à Bâle. — 240 fossiles du Boulonais.
Koby, de Porrentruy. — 72 espèces Polypiers, de Caquerelle (Jura bernois).
Dollfus, G., de Paris. — 50° d'échantillons des Faluns de Touraine.
Vilanova, de Madrid. — 20° d'oursins éocènes d'Espagne.
Choffat, P., à Lisbonne. — Quelques fossiles purbeckiens de Moûtiers (Jura bernois).
Waldmeyer, à Brumana (Syrie). — 2 beaux poissons fossiles du Liban.
Lugeon, M. — Sigillaria de St-Etienne et Ptérocère de Chauvigny (Vienne).
Prof. Renevier. — 40° de Bélemnites jurassiques.
Id. — 1200 fossiles des Faluns de Touraine.

e) *Fossiles du pays :*

- Prof. A. Jaccard.* — 20° de fossiles récoltés au Chablais.
Id. — Série du coralligène de la Chaux-de-Fonds.
Mégroz, à Villars s/Vevey. — Belle feuille de palmier de la mollasse rouge.
Cruchet, à Pailly. — Fossiles aquitaniens de Vuarrengel.
Cornuz, instit. — Quelques fossiles de la mollasse.
Charton. — Fossiles néocomiens du Jura.

Leresche, G. — Fossiles jurassiques de La Vallée.

Rittener, Th. — Fossiles du Pays-d'Enhaut, du Chablais, du Jura, etc.

Lugeon, M. — Plaque de mollasse à feuille.

Id. — Fossiles jurassiques de Baulmes.

Prof. Renevier. — Fossiles néocomiens de Romainmôtier, La Sarraz, etc.

Id. — Sa collection originale des Hautes-Alpes vaudoises (environ 5350 spécimens).

Achats. — Il s'est présenté cette année quelques bonnes occasions d'acquérir, à des prix raisonnables, des séries d'objets utiles au Musée. Je signale, en particulier, la collection de feu le pasteur Poulain, composée principalement de fossiles récoltés par lui dans des falaises du Hâvre, parmi lesquels d'assez bonnes pièces.

Nous devons de la reconnaissance à M. Charles Paris, qui ne pouvant pas nous donner sa collection, m'a autorisé à y choisir, pour un prix très modique, tout ce qui pourrait être utile au Musée. Nous avons acquis de cette manière quelques belles pièces, et surtout des séries de fossiles de divers gisements du Jura vaudois, desquels nous n'avions encore rien ou fort peu de chose.

a) *Publications:*

Paléontologie française (livraisons parues).

Mémoires Soc. paléont. suisse, vol. XII.

Zittel. — Handbuch der Palæontologie, 2 livr.

Id. — Palæontologische Wandtafeln, 6^e livr.

Barrois. — 1^{er} vol. du Traité de Paléont. de Zittel, en français.

Lapparent. — Traité de Minéralogie.

Filhol. — 2 Mémoires sur les Ossements des Phosphorites.

b) *Objets de collections:*

Ancienne collection Poulain.

Fossiles choisis dans la collection Ch. Paris (environ 600 échant. du Jura et quelques-uns du Wurtemberg).

Série d'ossements fossiles et de moulages, des Phosphorites de Quercy, du comptoir Dagincourt, à Paris.

45 fossiles (originaux) du Purbeck, de M. le prof. Jaccard.

12° de Polypiers de Ste-Croix (dont qq. orig. fig.), de M. le prof. Jaccard.

30° de fossiles divers du Jura, du même.

Quelques fossiles de Rossinières, d'un ouvrier.

400 fossiles des Alpes de Bex, de Ph. Cherix fils.

30° de fossiles de choix, du comptoir Baldou, à Genève.

24 Minéraux choisis chez le même.

30° de Minéraux du Haut-Valais, de G. Stark, à Viège.

Lausanne, le 5 février 1887.

E. RENEVIER, prof.

NOTICE

sur une mortalité exceptionnelle des brochets du lac Léman en 1887,

par le Dr **Henri BLANC**, professeur à l'Académie.

La plupart des poissons qui habitent nos lacs et nos cours d'eau sont sujets à certaines maladies; celles-ci sont souvent bénignes et n'atteignent qu'un petit nombre d'individus, mais parfois elles sévissent avec une telle intensité qu'on a dû les qualifier d'épizooties ou d'épidémies. Pour ne considérer que les poissons du Léman, nous rappellerons l'épizootie ou le typhus qui régna parmi les perches en 1867 et en 1868, puis les deux épizooties tout à fait récentes qui ont sévi parmi les brochets, la première au printemps de 1886; la seconde, moins violente et moins étendue, au mois de mai 1887.

Chargé par le Département de l'Intérieur, service sanitaire, de rechercher si la consommation de la chair des brochets ayant succombé à la maladie pouvait occasionner des désordres dans l'organisme des consommateurs, nous avons tout naturellement dû chercher la cause de la maladie ainsi que ses effets chez les poissons eux-mêmes.

M. le professeur Forel ayant émis l'hypothèse que l'épidémie des brochets pouvait avoir pour cause un empoisonnement du sang par un microbe, cela par analogie avec l'épizootie présentant les mêmes caractères qui régna parmi les perches en 1867,

nous dûmes, avant tout, chercher à nous procurer des brochets malades encore vivants, afin d'éviter ainsi les causes d'erreur dans l'étude du liquide sanguin. C'est ce que nous avons heureusement pu faire, grâce à l'excellent matériel que M. le Préfet de Rolle a su mettre à notre disposition, ce dont nous le remercions ici.

La peau de tous les brochets que nous avons examinés était recouverte de taches d'un gris sale, à contours irréguliers, isolées ou réunies, formant alors de grosses plaques ayant envahi la peau du ventre, des flancs, d'une partie du dos, de la tête, la base des nageoires. Parmi ces taches floconneuses, il en existait d'autres rougeâtres, sanguinolentes, aux bords fortement pigmentés, sans mucus; là, la peau était complètement dépourvue d'écailles. En soulevant les opercules, on pouvait aisément constater que les branchies, elles aussi, n'avaient pu échapper à l'invasion. Les branchies des brochets encore à l'agonie présentaient des alternances de bandes floconneuses gris sale avec des bandes de leur couleur naturelle, rouge sang; ces organes, chez les individus trouvés sans vie, ballottés à la surface de l'eau, étaient complètement floconneux, sans trace de leur couleur primitive.

Les autopsies de divers brochets présentant l'aspect extérieur que nous venons de décrire, nous ont permis de constater que les organes contenus dans la cavité du corps n'étaient absolument pas lésés, le cerveau était également en bon état. Le tube intestinal renfermait un grand nombre de cestodes que nous avons déterminés comme étant des *Triænoporus nodulosus* et des *Bothriocephalus infundibuliformis*. Les premiers étaient surtout en grand nombre, répandus encore dans la cavité du corps, la tête plongée dans le foie, la rate, les parois de l'intestin. Chez un brochet, nous avons compté 142 de ces vers.

L'examen microscopique du sang de brochets malades, mais encore à l'agonie, nous a permis de constater l'absence totale de microbes dans ce liquide. Les corpuscules rouges et blancs, ainsi que le sérum, étaient en parfait état.

Nous avons de plus contrôlé cet examen du sang fait à l'état frais par des préparations obtenues par dessiccation; celles-ci, après avoir été colorées, ont été scrutées très minutieusement et aucune d'elles ne nous a révélé des bacilles ou des microcoques. Comme seconde opération de contrôle, nous avons encore durci des morceaux de rate, qui, réduits en coupes et colorés, ne contenaient aucune bactérie. Enfin nous n'avons pas négligé, en

faisant nos autopsies, d'examiner la musculature et la peau ; les muscles du tronc et de la queue étaient en fort bon état ; seuls les muscles des nageoires, rongées à leur base, semblaient avoir subi un commencement de dégénérescence. La peau était intacte, sauf aux taches sanguinolentes, où le derme était à nu, les écailles étant tombées.

Il ressort donc des autopsies que nous avons faites et de l'examen du sang, que la mortalité exceptionnelle qui a régné parmi les brochets n'a pas été causée par des microbes amenant un empoisonnement du sang ; qu'elle n'a pas été causée par une altération d'un organe quelconque contenu dans la cavité du corps. Nous laissons complètement de côté l'influence néfaste qu'auraient pu avoir sur leurs hôtes les parasites signalés, attendu que ces parasites se trouvent très souvent et en aussi grande abondance dans le tube intestinal ou la cavité du corps de brochets sains.

Nous devons donc chercher ailleurs la cause de la mortalité des poissons qui nous occupent ; mais avant de nous prononcer, voici ce que dit M. le Dr V. Fatio, dans une note publiée à propos de la mortalité exceptionnelle qui frappa simultanément les brochets du lac de Thoune et du lac Léman, au printemps 1886¹ : « Tous les pêcheurs consultés ont été d'accord pour attribuer uniquement cette singulière maladie au fait de circonstances atmosphériques contraires, froids et vents violents ayant entravé la ponte d'un grand nombre de femelles ce printemps. » Si M. Fatio a eu le plus souvent comme individus malades des femelles ayant pour la plupart tous leurs œufs, assez longtemps même après l'époque du frai, nous n'avons eu, au contraire, pour nos autopsies, que des individus mâles, aux testicules dégarnis. L'explication donnée ne suffit donc plus, car elle ne peut s'appliquer aux individus mâles.

Nous ne devons pas être éloignés de la vérité, en attribuant la cause de la mortalité des brochets à l'envahissement des branchies par les masses floconneuses, si abondantes sur la peau des poissons malades. Ces masses ont été reconnues par M. le professeur Schnetzler, qui a bien voulu se charger de leur détermination, comme étant formées par deux champignons, *Saprolegnia ferax* et *Achlia prolifera*. Le mycelium de ces cham-

¹ Une maladie du brochet. Archives des sciences physiques et naturelles. 15 janvier 1887.

pignons rampe à la surface de l'épiderme, s'insinue entre les écailles et donne naissance à des cellules allongées, terminées en massues, renfermant pour la plupart une quantité de spores. Ces champignons, une fois installés dans le voisinage direct des branchies, on comprend que ces organes puissent en être infectés. Mais leur développement sur les organes respiratoires empêche l'hématose de s'accomplir dans les conditions normales, elle est peu à peu ralentie et finalement cette fonction cesse, attendu que l'oxygène qui pourrait filtrer encore jusqu'aux lamelles branchiales est absorbé par les champignons.

C'est à l'*Achlia prolifera* que M. Mégnin¹ a tout dernièrement attribué la maladie connue en pisciculture sous le nom de « mousse. » Ce savant dit à ce propos : « Quand le mal reste localisé au voisinage des nageoires dorsale et caudale, il ne compromet pas immédiatement la vie, mais si le parasite se développe sur les yeux, il rend le poisson aveugle et celui-ci meurt de faim ; si le parasite se développe sur le nez ou les branchies, le poisson est promptement étouffé. » Nos observations se trouvent ainsi confirmées.

On sait que le *Saprolegnia ferax* se développe dans l'eau, sur les cadavres d'insectes ou sur ceux de larves d'insectes autour desquels il forme comme une auréole floconneuse blanchâtre. Comment de là ce champignon peut-il venir s'installer sur le corps de brochets vivants, qu'on ne pêche généralement pas dans les eaux superficielles ? Nous ne trouvons qu'une explication pour ce fait : l'infection doit se faire à l'époque du frai. En effet, en février ou en mars, les brochets, d'après les données si exactes de M. Lunel², recherchent des lieux écartés, solitaires, des bords du lac, ils remontent les rivières aux eaux tranquilles et peu profondes, et là, cachés par des hautes herbes, ils se livrent à l'acte de la reproduction. Dans cette saison, dit encore l'auteur de la belle monographie des poissons du lac Léman, les brochets, tout entiers à l'acte auquel la nature les convie, se montrent moins avides et, oubliant toute prudence, passent de longues heures immobiles et si près de la surface que leur dos sort de l'eau.

C'est donc à l'époque du frai que les brochets sont le plus

¹ M. O., à Paris. Réponse de M. Mégnin. Eleveur n° 127. 5 juin 1887.

² Association zoologique du Léman. Histoire naturelle des poissons du bassin du Léman, par G. Lunel. 1874.

exposés à l'infection, les cadavres d'insectes entourés de Saprolegnia se trouvant dans les eaux superficielles et non dans les eaux profondes. La maladie ne se manifestant qu'à cette époque, l'apparition de la mortalité chez les brochets à la même époque et dans des lacs très éloignés les uns des autres est ainsi toute expliquée. De plus, cela nous explique encore très bien pourquoi, parmi les individus infestés, il peut s'en trouver, comme ceux qu'a signalés M. Fatio, avec les ovaires remplis d'œufs quelques mois même après l'époque du frai. Car si l'acte de la reproduction, comme le dit M. Lunel, dure assez longtemps et se prolonge suivant les circonstances ou les localités jusque vers le milieu du mois de mai, il se peut que l'infection, ayant même eu lieu à l'époque normale, fût déjà à ce moment-là assez violente pour devoir mettre certains individus femelles dans l'impossibilité complète d'exécuter les mouvements auxquels les brochets ont l'habitude de se livrer pour faciliter l'expulsion des produits sexuels, c'est-à-dire de se frotter contre les herbes ou sur le limon ou le gravier. A posteriori, nous admettons, avec M. Fatio, que la mortalité a eu comme cause première quelque chose d'anormal dans les conditions atmosphériques, froids, vents, courants, ayant entraîné avec eux des modifications importantes aux conditions biologiques dans lesquelles se trouvent les brochets à l'époque du frai.

La cause, les effets de la mortalité étant connus, nous pouvons affirmer que la consommation de la chair des brochets malades ne peut entraîner aucun désordre grave dans l'organisme du consommateur, surtout si ceux-ci sont apportés sur le marché étant à l'agonie ou morts récemment. Si la mort date de deux ou trois jours, il va sans dire que la chair de ces brochets produirait les mêmes effets que toute autre viande corrompue. La transparence plus ou moins grande des yeux, l'examen des branchies (ouïes) et de la peau, voilà autant de caractères que les consommateurs, l'autorité au besoin, pourront employer dans des cas douteux.

LE TRAVAIL MUSCULAIRE

dans ses rapports avec la loi de l'équivalence thermodynamique,

par A. HERZEN

Communication faite à la Société vaudoise des Sciences naturelles,
dans sa séance du 20 février 1884.

L'organisme vivant étant une machine apte à produire du travail mécanique, il s'agit de savoir si cette machine est soumise à la loi universelle de l'équivalence thermodynamique, c'est-à-dire, si elle *consomme* de la chaleur pour fournir un travail positif (une ascension par exemple) et si elle en *accumule* pendant le travail négatif (une descente).

Le problème s'applique spécialement à l'organe du mouvement, au tissu musculaire; or, il est de mode dans ces derniers temps de nier que le muscle soit un moteur à calorique, qui, à l'instar des autres moteurs semblables, transformerait la chaleur en travail; il n'est pas possible, dit-on, que la chaleur dégagée au sein du muscle par les réactions chimiques dont il est le siège, se transforme en travail mécanique, parce que *la condition nécessaire* à cette transformation manque dans la machine animale; l'énergie mécanique de celle-ci doit, par conséquent, avoir une autre source que la chaleur. Il existe actuellement à cet égard un accord presque général parmi les physiiciens et les physiologistes; et pourtant il me semble que ce raisonnement est fondé sur une comparaison erronée: « la condition nécessaire » dont on parle ne l'est que pour les machines à vapeur perfectionnées, pour celles qui, grâce à un mouvement de va et vient du piston, transformé en mouvement circulaire, doivent fournir un travail continu; cette condition: c'est *la grande chute de température* entre la chaudière et le condenseur, qui n'a d'autre but que celui de favoriser et d'accélérer le retour du piston, après l'accomplissement de son excursion, due à l'entrée de la vapeur dans le cylindre; c'est un perfectionnement très utile au point de vue industriel, mais ce n'est pas le principe fondamental de la machine: le piston peut parfaite-

ment être poussé en avant par la vapeur dilatée dans la chaudière et fournir du travail mécanique, en l'absence du condenseur et c'est tout ce qu'il faut pour constituer une machine simple, élémentaire. Or le muscle n'est pas une machine perfectionnée; le piston musculaire n'a pas de mouvement de va et vient et ne peut se mouvoir que dans une seule direction; pour revenir sur l'excursion accomplie dans un sens donné, il faut une autre chaudière, un autre cylindre et un autre piston, qui travaillent en sens inverse, sans quoi le retour ne saurait avoir lieu; bref, le muscle est une machine imparfaite, une machine à travail pour ainsi dire *unilatéral*: le biceps peut fléchir l'avant-bras sur le bras et c'est tout; son action est épuisée par ce travail et il ne peut pas étendre de nouveau le bras qu'il a fléchi; il faut pour cela que le triceps entre en action, lequel, à son tour, ne peut qu'étendre le bras et nullement le fléchir. On le voit dans tous les cas où la machine vivante a besoin d'accomplir deux mouvements en sens inverse l'un de l'autre (ce qui a toujours lieu lorsqu'elle doit fournir un travail continu, marche, vol ou natation), elle en est réduite à employer deux machines indépendantes l'une de l'autre, dont aucune ne possède le perfectionnement indiqué tout à l'heure et dont chacune accomplit son travail en l'absence de tout arrangement comparable à l'action synergique de la chaudière et du condenseur; c'est exactement comme si, pour obtenir le rapide va et vient du piston en l'absence du condenseur, on avait deux chaudières fonctionnant de façon à ce que la vapeur de l'une le pousse en avant et celle de l'autre en arrière. Il s'ensuit que tous les raisonnements fondés sur la nécessité d'un considérable écart de température entre les deux organes essentiels des machines perfectionnées et tendant à démontrer l'impossibilité de la transformation de la chaleur en travail mécanique au sein de la machine vivante et spécialement du muscle, manquent complètement de base. Il me semble au contraire que toutes les données expérimentales que nous possédons relativement à l'activité musculaire démontrent que cette transformation a réellement lieu, pour le moins dans les cas où l'activité du muscle fournit du travail mécanique extérieur, et peut-être aussi dans les cas où elle n'en fournit point. Le simple fait de la contraction d'un muscle, même si ce dernier est séparé de toutes ses attaches et s'il ne soulève aucun poids, n'est-il pas en effet un travail mécanique? S'il n'y a pas déplacement d'une masse

étrangère au muscle, du moins la masse du muscle lui-même est déplacée; et même si le dispositif de l'expérience est tel que le muscle n'ait rien à soulever, n'a-t-il pas, au moment de sa contraction, à vaincre la résistance des enveloppes de la substance active, à comprimer ou à distendre des tissus élastiques? Enfin le changement moléculaire intime, qui constitue la contraction du muscle, n'est-il pas à lui seul un travail interne s'accomplissant aux dépens d'une certaine quantité de chaleur? Cela doit être, si l'analogie entre les propriétés physiques du tissu musculaire et celles du caoutchouc est aussi grande que les recherches modernes semblent l'indiquer: le muscle, comme le caoutchouc, s'échauffe quand il est étiré et se refroidit quand il se rétracte; or la contraction active du muscle n'est pas autre chose qu'une brusque augmentation de rétractilité. Le muscle en se contractant devrait donc se refroidir; mais en énonçant cette idée nous nous heurtons, dès le début, à une objection apparemment très grave: dans la très grande majorité des cas, les expériences thermométriques indiquent, dans l'intérieur du muscle actif, une *augmentation* et non une diminution de la température; cependant cette objection est moins grave qu'elle n'en a l'air de prime abord: la méthode thermométrique ne peut, en effet, nous révéler autre chose que l'état thermique momentané de l'objet en expérience; aussi l'échauffement qu'elle indique peut-il parfaitement être le résultat, la somme algébrique, d'un échauffement beaucoup plus considérable, neutralisé en partie par un refroidissement simultané, mais moindre; l'échauffement du muscle actif, observé dans la plupart des cas, *mais nullement toujours*, peut donc être interprété dans ce sens qu'au moment de l'activité il se dégage en général assez de chaleur dans l'intérieur du muscle pour couvrir et pour dépasser même le refroidissement simultané, si tant est que ce refroidissement existe; or, les recherches de ces dernières années ne laissent plus guère de doute sur son existence.

D'après cette manière de voir, la contraction musculaire serait en même temps un phénomène *physique* absorbant de la chaleur et un phénomène *chimique* produisant de la chaleur, de telle sorte que, si le premier pouvait avoir lieu sans le dernier, le muscle actif devrait toujours devenir plus froid, tandis que, si le dernier pouvait avoir lieu sans le premier, le muscle devrait s'échauffer plus qu'il ne le fait dans l'accomplissement normal d'une contraction; et cela exactement de la quantité de chaleur

qui est consommée par le processus intime constituant la contraction. C'est là sans doute un cas hypothétique et nous n'avons aucun moyen de séparer et d'isoler ainsi les deux phénomènes qui constituent l'activité musculaire; mais il y a des expériences qui montrent qu'ils se laissent plus ou moins disjoindre, assez pour prouver qu'ils ne sont pas absolument solidaires.

Sans vouloir m'arrêter trop longtemps sur les expériences faites sur l'organisme tout entier, au moyen de la méthode thermométrique ou calorimétrique, je ne puis pourtant pas les passer entièrement sous silence, d'autant plus qu'elles ont, malgré tout, donné des résultats intéressants.

MM. Lortet et Marcet ont été les premiers, je crois, à essayer de constater si pendant l'effort considérable qu'exige une ascension rapide et prolongée il se produit un abaissement de la température interne du corps; et ils ont, en effet, observé un léger abaissement; mais ils s'étaient servi de la thermométrie buccale dont l'exactitude a été contestée par M. F.-A. Forel; il a, à son tour, entrepris des ascensions dans le même but, mais en se servant de la thermométrie rectale et il n'a jamais constaté autre chose qu'une élévation de sa température intérieure; mais si la thermométrie buccale offre des inconvénients, la thermométrie rectale n'en est pas tout à fait exempte, et pour être moins nombreux, ils me paraissent être plus graves. Il s'agit en effet d'observer pendant l'*acte même* de l'ascension, ce qui est possible pour la bouche, impossible pour le rectum; il est vrai que l'arrêt inévitable pour l'introduction du thermomètre, etc., est de courte durée; mais, d'après les observations de MM. Marcet et Lortet, il est suffisant pour faire disparaître l'abaissement de température et pour faire remonter celle-ci au-dessus du niveau initial. La rapidité de ce renversement parle en faveur de la thermométrie buccale, car la respiration, fortement accélérée par l'acte de l'ascension, ne revient pas à son rythme normal en un délai aussi bref; cependant, la source d'erreur continuant, l'erreur devrait persister, elle aussi, ce qui n'est pas. Il est indispensable de s'adresser à des régions qui ne soient pas exposées au refroidissement par la ventilation respiratoire, et qui permettent l'observation pendant l'*acte* de l'ascension. Voici comment a procédé M. le Dr Marc Dufour, de Lausanne ¹:

¹ Thèse de l'Université de Zurich, 1865, p. 57 et suiv.

il a introduit la boule du thermomètre dans le creux de l'aiselle et a enveloppé de coton toute la région par où elle eût pu recevoir l'impression de la température extérieure; il gravissait alors rapidement un escalier de 17 mètres de hauteur; à la première montée il y eut une diminution de $0^{\circ}.2$, à la seconde de $0^{\circ}.1$; *dès que la montée cesse*, la température commence à s'élever, et continue à s'élever pendant 7 à 9 minutes après que tout mouvement a cessé; *la descente* ne produit rien de semblable. M. le professeur Fick a observé le même fait sur lui-même, par la méthode buccale. M. Dufour pense que s'il avait eu à sa disposition une rampe beaucoup plus longue, il aurait obtenu un abaissement plus considérable; je ne le crois pas, parce que le résultat des quelques observations que j'ai pu faire ne confirme pas cette supposition; l'abaissement est très passager et se trouve bientôt couvert et dépassé par l'échauffement dû aux phénomènes accessoires qui résultent d'un violent exercice :

En 1883, ayant à ma disposition un homme et un chien, tous deux munis de fistules gastriques de 3 centimètres de diamètre, j'en ai profité pour fixer un thermomètre dans l'estomac, de façon à pouvoir l'observer à chaque instant. Or, pendant l'ascension rapide d'un très long escalier, représentant un dénivellement d'environ 50 mètres, l'homme m'a plusieurs fois donné, le matin, à jeun, un abaissement de 2 à 3 dixièmes de degré, une fois de $0^{\circ}.4$, *au commencement de la montée*, — mais qui disparaissait déjà et était remplacé par une élévation avant l'achèvement de la montée, élévation provenant de l'*excès* de chaleur dû aux réactions chimiques, mais précédée par un *déficit*, dû, sans doute, au travail mécanique considérable.

Lorsque le patient prenait un petit verre immédiatement avant l'expérience, cet abaissement ne se manifestait pas; cette modification de la méthode eut auprès de lui un tel succès, qu'il se mit à l'appliquer avec un zèle digne d'une meilleure cause et me rendit impossible le retour à la méthode non modifiée. C'est alors que je m'adressai à mon chien, qui me donna à plusieurs reprises un résultat assez net dans le même sens; je n'ai pas pu multiplier les observations, car chacune d'elles me coûtait régulièrement le thermomètre employé, que le patient quadrupède réussissait toujours à briser; l'abaissement m'a paru plus marqué chez le chien; une fois il a atteint 8 à 9 dixièmes de degré, pendant une ascension très rapide; la descente et la marche horizontale au pas accéléré ne le produisaient point.

Il paraît donc qu'au moment où l'organisme est appelé à passer tout à coup du repos à une forte activité entraînant un travail positif à valeur $P \times H$ très considérable, les phénomènes chimiques qui accompagnent habituellement l'activité musculaires ne suffisent pas pour dégager une quantité de chaleur suffisante pour couvrir le déficit correspondant au travail.

La méthode thermométrique a été appliquée par M. Béclard, non pas à l'organisme entier, mais aux membres mis en activité, aux muscles du bras. Il a trouvé que toutes les fois qu'il mettait ces muscles en activité le bras s'échauffait, mais qu'il s'échauffait un peu moins dans le cas où ces contractions servaient à accomplir un travail mécanique positif, que dans celui où elles servaient simplement à tenir un poids immobile ou bien alternativement soulevé et abaissé, ce qui anéantissait le travail mécanique et restituait, pendant l'abaissement du poids, la chaleur consommée pendant son soulèvement. Il n'est donc pas exact de dire, comme M. Gautier le disait dans un récent article, que les expériences de M. Béclard démontrent que l'activité du muscle est corrélative de son refroidissement; elles démontrent au contraire que le muscle actif s'échauffe toujours, mais un peu moins lorsque son activité sert à soulever un poids que lorsqu'elle n'effectue aucun travail extérieur.

On peut se demander si, en général, des expériences quelconques pratiquées sur l'organisme entier, ou sur une extrémité qui reçoit encore le courant sanguin, méritent quelque confiance; on sait, en effet, combien l'exercice modifie rapidement et profondément le rythme et la profondeur de la respiration, la rapidité du pouls, l'innervation vasculaire superficielle et l'évaporation cutanée, — phénomènes qui rendent impossible de calculer les facteurs multiples et variables des légères variations thermiques dans un sens ou dans un autre que l'on observe pendant l'exercice; l'objection est assurément très grave quand il s'agit d'ascensions prolongées en plein air, comme celles de MM. Lortet et Marcet, F.-A. Forel et autres; mais je ne crois pas que toutes ces circonstances défavorables et toutes ces sources d'erreurs puissent entrer en ligne de compte dans des expériences comme celles de MM. Fick et Marc Dufour et les miennes, non plus que dans celles de M. Béclard. Mais il est certain que pour arriver à un résultat absolument sûr il faudrait pouvoir déterminer exactement qualitativement et quantitativement les réactions chimiques qui ont lieu pendant l'obser-

vation, ainsi que le nombre de calories qui correspond à ces réactions et voir ensuite si l'activité musculaire avec ou sans travail extérieur fait disparaître une partie de ces calories; bref, il faudrait recourir à la méthode calorimétrique accompagnée de la détermination quantitative des produits de décomposition. De telles expériences ont été tentées par M. A. Hirn, de Colmar, il y a une trentaine d'années; on a, à plusieurs reprises, critiqué sa manière de déterminer l'oxygène absorbé et l'acide carbonique exhalé et même la manière dont il déterminait les calories dégagées; quoi qu'il en soit, ces expériences ont donné un résultat très curieux, un déficit énorme de chaleur toutes les fois que le sujet accomplissait un travail mécanique positif et un surplus de chaleur insignifiant ou nul toutes les fois que le travail était négatif, aussi M. Hirn tira-t-il de ses recherches la conclusion que l'organisme vivant ne saurait être comparé à un moteur à calorique, car il faudrait pour cela non-seulement qu'il consommât de la chaleur pour fournir un travail positif, mais qu'il en accumulât lorsqu'il fournit un travail négatif. Or, dit M. Hirn, « c'est ce que l'expérience dément formellement »¹. Ce résultat m'a vivement frappé lorsque, il y a longtemps déjà, j'étudiais l'ouvrage de M. Hirn; il me paraissait inadmissible que la machine vivante ne fût pas soumise comme toute autre machine à la loi universelle de l'équivalence thermodynamique et je me demandais s'il n'y avait pas un facteur caché qui serait la cause de cette exception apparente; il me vint alors à l'idée que si un déficit de chaleur constant avait lieu, aussi bien pendant le travail positif que pendant le travail négatif, il viendrait s'ajouter au déficit correspondant au premier et en faciliter la constatation en en augmentant la valeur, tandis que pendant le second, il viendrait neutraliser, en

¹ *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur*. Paris 1858, page 110. Il est curieux que dans un autre ouvrage beaucoup plus répandu que le premier : *Théorie mécanique de la chaleur*, Paris 1875, à la page 50, M. Hirn dise : « Pour le mécanicien donc, l'homme qui élève un fardeau doit faire disparaître du calorique et celui qui résiste à un fardeau qui descend doit produire du calorique, et c'est ce que l'expérience confirme. » Cependant dans ce second ouvrage il n'est point fait mention de nouvelles expériences, faites peut-être avec de nouvelles méthodes, qui eussent donné un résultat différent, opposé à celui que les expériences décrites dans le premier ouvrage ont donné lorsque le travail était négatif; de sorte qu'on ne voit pas sur quoi est fondée la nouvelle assertion de M. Hirn.

partie du moins, le surplus qui doit se produire et rendre ainsi très difficile ou impossible la constatation de ce surplus; mais à quoi pouvait être due une consommation de chaleur commune aux deux cas opposés du travail positif et négatif? Au facteur physiologique qui est lui aussi commun à ces deux cas: à la contraction musculaire. Malheureusement cette supposition de l'existence d'un refroidissement de contraction dans les muscles actifs n'avait alors aucun appui expérimental, sauf celui que lui fournissait justement les expériences de M. Hirn et quelques faits isolés, épars dans la littérature physiologique et généralement répudiés: Solger, Meyerstein et Thiry avaient vu, dans leurs observations thermo-galvanométriques, une légère déviation dans le sens du refroidissement de la masse musculaire au début de la contraction; d'autres expérimentateurs n'ayant pas réussi à confirmer cette observation, elle fut attribuée à un défaut de la méthode expérimentale et il n'en fut plus question; cependant, les recherches subséquentes, faites avec les soins les plus minutieux, ont montré qu'il est bien réel et que dans certaines conditions il se manifeste avec toute la netteté désirable. S'il reste quand même difficile à constater et si, comme tout le monde l'admet, le muscle qui entre en activité s'échauffe dans la très grande majorité des cas, cela est dû, peut-être, à ce que l'on s'attache en général à expérimenter sur des muscles *aussi frais que possible*, c'est-à-dire bien nourris et saturés par conséquent de substances à décomposer, de sorte que la chaleur dégagée par les réactions chimiques accompagnant la contraction est plus que suffisante pour masquer le refroidissement dont il s'agit; s'il en est ainsi, le refroidissement en question doit être plus facile à observer sur des muscles moins frais, *plus ou moins épuisés* par une privation prolongée de la circulation du sang ou par des excitations fortes et fréquentes, qu'ils auraient subies avant l'expérience thermométrique. C'est en effet ce qui semble ressortir indirectement des expériences classiques de Heidenhain.

Heidenhain a constaté, en effet, qu'en faisant une série nombreuse d'expériences sur le même muscle qui, naturellement, se fatigue de plus en plus, on voit la quantité de chaleur dégagée pendant l'activité et mesurée par la déviation du galvanomètre, *décroître beaucoup plus rapidement* que l'énergie de la contraction, mesurée par le travail effectué; ainsi, par exemple, dans une de ses séries il indique à la première expérience 19.05 cen-

tigrammètres pour le travail et 6.5 degrés de l'échelle de son galvanomètre pour l'échauffement ; dans la dernière expérience sur le même muscle, le travail est encore 11.7, tandis que l'échauffement n'est plus que 1. Dans une autre série, dans la première expérience le travail est de 51.7 et l'échauffement de 7.5 ; à la dernière expérience de la même série le travail est encore 32.4, tandis que l'échauffement n'est plus que 2.5. Dans une troisième série, à la première expérience le travail est 108 et l'échauffement 12 ; à la dernière le travail est encore 38 et l'échauffement n'est plus que 2.5. En outre, toutes les fois que le muscle subit, entre une expérience et l'autre, une tétanisation qui le fatigue plus ou moins, il y a une *chute rapide* de l'échauffement, sans qu'il y ait toutes les fois une chute correspondante du travail. On voit, en somme, que l'échauffement, dans les dernières expériences de chaque série, est extrêmement faible, tandis que le travail est encore très appréciable, le tiers ou même la moitié environ de ce qu'il était au commencement. Si Heidenhain avait prolongé ses séries beaucoup plus qu'il ne l'a fait, n'est-il pas probable qu'à un moment donné, l'échauffement serait devenu nul et se serait peut-être même transformé en un refroidissement ? Cela est d'autant plus vraisemblable que, dans ces expériences, il y a réellement, malgré l'*apparent* échauffement, un refroidissement *réel* mais masqué, ainsi que M. Marc Dufour l'a très bien fait ressortir ; en effet, à chaque expérience, Heidenhain faisait exécuter au muscle trois contractions consécutives, de sorte que le poids était trois fois soulevé et nécessairement trois fois abaissé ; il s'ensuit que le travail négatif annulait le travail positif et restituait au muscle la chaleur consommée par celui-ci ; or, si on soustrait de la chaleur constatée par Heidenhain l'équivalent thermique indûment restitué, on obtient vers la fin de ses séries *des chiffres négatifs*, ce qui signifie que si le travail positif n'avait pas été annulé, le galvanomètre aurait indiqué un léger refroidissement du muscle au moment de son activité. A la rigueur, on devrait soumettre les chiffres de Heidenhain à une deuxième soustraction, car il a été démontré plus tard que toute extension d'un muscle l'échauffe, précisément comme le caoutchouc ; de sorte que la chute du poids soulevé par la contraction devait nécessairement produire dans ses expériences, non-seulement l'échauffement correspondant au travail négatif, mais encore l'échauffement correspondant à l'extension du muscle. C'est à éviter ces deux

surplus de chaleur, étrangers au processus de l'activité du muscle, que s'est attaché Danilewsky, dans son travail publié en 1880 dans le vol. XXI des archives de Pflüger. Ce qui n'était qu'une possibilité théorique, ou, si l'on veut, une probabilité dans les expériences de Heidenhain, est devenu une réalité dans celles de Danilewsky. Il s'est arrangé de manière à ce que toute l'influence de la chute du poids s'exerce sur un mince fil de caoutchouc au lieu de s'exercer sur le muscle et il a trouvé que, dans ces conditions, l'échauffement est toujours *beaucoup moins considérable*, à tel point que, dans quelques-unes de ces expériences, il a positivement et directement constaté le *refroidissement* du muscle; mais il trouve ce fait paradoxal et l'attribue à une circonstance indépendante de la contraction du muscle. Mais les recherches de Blix, publiées trois ans plus tard dans la *Zeitschrift für Biologie*, démontrent qu'il n'en est pas ainsi et que le refroidissement est dû bien réellement à l'activité du muscle; Blix a observé ce refroidissement avec une netteté et une constance parfaites, grâce à sa méthode expérimentale, qui lui permettait de calculer les variations thermiques du muscle d'après la première excursion du galvanomètre et qui le forçait de faire les expériences sur des muscles ayant séjourné beaucoup plus longtemps que d'habitude dans la chambre humide, afin d'obtenir d'abord un parfait équilibre thermique; c'est là une condition éminemment favorable, puisque ces muscles avaient, en attendant, consommé une grande partie des substances décomposables qu'ils contenaient, ce qui devait réduire au minimum les réactions chimiques, calorifiques, accompagnant leur activité; ils étaient dans un état analogue à celui des muscles des dernières expériences dans les séries de Heidenhain.

Blix a constaté que toutes les fois que le muscle en expérience se contractait sans accomplir le travail mécanique, le galvanomètre indiquait un léger échauffement, tandis que toutes les fois que sa contraction effectuait un travail positif, le galvanomètre déviait en sens contraire et indiquait ainsi un *refroidissement*.

Peut-on, après cela, douter que le muscle est un véritable moteur à calorique, qui transforme la chaleur en travail mécanique? Cependant, tout cela ne démontre pas encore que la *contraction* musculaire elle-même est un phénomène qui absorbe de la chaleur, même lorsqu'il ne sert pas à produire du travail positif. Il se peut que des recherches ultérieures réussissent à

dévoiler un refroidissement des muscles actifs se contractant *à vide*; il se peut aussi que, tant que le tissu musculaire conserve son irritabilité et est encore capable de se contracter, il contienne encore assez de substance décomposable pour que le refroidissement de contraction soit masqué par la chaleur provenant des réactions chimiques simultanées. Il y a cependant, dans les expériences de Danilewsky, une indication précieuse, favorable à l'existence réelle de ce refroidissement; il a trouvé, en effet, un équivalent thermique *trop élevé* relativement au travail positif que les muscles accomplissaient pendant ses observations, ce qui signifie que le muscle consomme plus de chaleur qu'il n'en faut pour fournir le travail accompli et qu'une perte de chaleur qui ne correspond à aucun travail extérieur vient s'ajouter au véritable équivalent thermique de ce travail; à quoi cette perte peut-elle donc correspondre, sinon *au travail moléculaire intérieur qui constitue la contraction musculaire*?

Cette question ne pourra assurément recevoir sa réponse définitive que lorsque nous aurons réussi à connaître dans tous leurs détails les réactions chimiques qui accompagnent l'activité musculaire, à déterminer exactement la quantité de chaleur qui leur correspond et à constater, au moyen de la méthode, non plus thermométrique, mais *calorimétrique*, si toute cette chaleur se retrouve comme telle au moment où le muscle se contracte, même sans accomplir de travail mécanique positif. Il n'est malheureusement guère probable que nos moyens d'investigation atteignent dans un avenir rapproché une perfection qui nous permette d'arriver à ce but.

UN GROUPE DE BLOCS ERRATIQUES

aux portes d'Yverdon,

par Ch. DE SINNER, ingénieur.

Pl. III.

En 1882, M. l'ingénieur Ritter attirait l'attention de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles ¹ sur les grèves mises à découvert par l'abaissement récent du niveau des lacs du Jura. Il faisait ressortir avec beaucoup d'à-propos l'intérêt qu'offraient ces grèves, encore intactes à ce moment, au double point de vue préhistorique et géologique, et la nécessité d'agir promptement pour en tirer parti, avant que la plupart de ces précieux témoins des habitations lacustres et du passage bien plus ancien du grand glacier du Rhône n'eussent disparu pour toujours. M. Ritter conseillait la publication d'un ouvrage descriptif des palafittes des trois lacs, de la Broye et de la Thièle, qui comprendrait, en outre, un relevé général des blocs erratiques visibles sur les grèves.

Ce projet fut discuté par la Société neuchâteloise dans sa séance du 12 avril 1883, appuyé par MM. les professeurs Hirsch et Favre et renvoyé à une commission qui devait s'entendre avec les autorités et la Société d'histoire. Cette dernière se chargea par la suite, seule et à ses frais, du relevé des stations lacustres, et celui des blocs erratiques fut sacrifié par l'arrangement intervenu entre les deux Sociétés. Les géologues étaient, d'ailleurs, absorbés à ce moment par des problèmes plus importants ou plus pressants. Mais on ne peut s'empêcher de regretter qu'on ait laissé passer ce moment exceptionnellement favorable à une étude d'ensemble sur cette zone erratique, préservée pendant des siècles par les eaux des lacs. Cette étude eût été intéressante, comme le disait très bien M. Ritter, non-seulement sous le rapport minéralogique, mais encore sous celui de la provenance

¹ Voir Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel de 1882-83, pages 384 à 390 et 427.

exacte de chacun des blocs, des chemins de transport choisis par eux, de leur classement, de leur statistique. La situation des blocs sur les grèves, où ils se trouvaient dégagés de matières terreuses et où ils étaient souvent réunis par séries entières, permettait non-seulement de jeter quelques jalons précis sur la grande et générale action des glaciers chez nous, mais surtout sur leur période de disparition et de diminution.

Aujourd'hui cette étude d'ensemble n'est plus possible, ou du moins elle serait forcément incomplète, la bande erratique ayant été décimée pour faire place aux nouvelles cultures. Mais il en reste quelques tronçons séparés que le touriste peut voir de son wagon pendant le trajet d'Yverdon à Cheires ¹, pour ne parler ici que de la rive vaudoise.

C'est un de ces tronçons que je viens recommander à la bienveillante attention de mes collègues, espérant qu'il sera bientôt suivi d'autres que je signale à nos jeunes géologues au pied léger et à tous les riverains du lac de Neuchâtel. Le groupe de Clendy que j'ai étudié, est le plus accessible, le plus rapproché d'Yverdon, et semble par là même un des plus menacés de destruction. Cette dernière aurait déjà accompli son œuvre, si un grand propriétaire, qui comprend l'importance de ces vieux témoins, n'avait pas veillé sur eux. Leur cause a d'ailleurs été chaleureusement plaidée auprès de M. du Bois, de Champittet, par M. le professeur Louis Favre, l'ami et biographe d'Agassiz et de Guyot.

Si les témoins les plus importants de l'extension du phénomène glaciaire doivent être cherchés sur les flancs et jusque sur les sommités du Jura (où notre commission des blocs erratiques porte avant tout ses regards), il est intéressant d'autre part de rencontrer en plaine quelques jalons qui parlent aux populations de nos villes. Ces blocs, plus accessibles, peuvent servir de leçons de choses à nos collégiens, c'est une première occasion pour les habitants de la plaine de faire connaissance avec les roches cristallines de nos Alpes.

Pour atteindre le groupe en question, il n'y a qu'à suivre d'abord la grande route d'Yverdon à Payerne. Après avoir tra-

¹ La position exacte des groupes erratiques les plus remarquables des grèves est d'ailleurs très bien indiquée sur la magnifique carte de M. le professeur Alph. Favre.

versé le petit faubourg de Clendy, la route tourne brusquement à droite et commence à monter. Tout près de là ¹, une fontaine gracieusement située dans la verdure, au contrebas de la route. A droite, une avenue conduit en forte rampe au pensionnat de M. Vodoz. A gauche s'ouvre la grande et belle avenue de Champittet, bien connue, qui a figuré à la dernière exposition suisse des beaux-arts. En face de la fontaine un bon sentier, indiqué sur la nouvelle carte du canton de Vaud, passe à niveau de la voie ferrée, très rapprochée de la route, et aboutit à une petite tourelle qui domine un ancien port. Du haut de cette tourelle on jouit d'un charmant coup d'œil sur le lac, aujourd'hui éloigné d'un bon kilomètre, sur le château et le village de Grandson et sur le Jura. Au bas de l'escalier qui descend de là sur la grève (destiné autrefois aux baigneurs), on rencontre trois petits blocs cristallins, et à environ 100 mètres de la rive, en continuant perpendiculairement à cette dernière, les premiers gros blocs du groupe principal. A droite, on aperçoit un poteau qu'il est défendu et d'ailleurs inutile de dépasser. Le visiteur désireux de voir les blocs par ordre et de respecter en même temps la partie cultivée de la grève, tournera à droite et, à partir du poteau P, marchera parallèlement à la voie, jusqu'à la rencontre, en D, d'un canal qui descend en droite ligne au lac, et qui forme la limite orientale du groupe erratique. Après l'avoir suivi sur une longueur DA de 46 mètres, on aboutit à l'extrémité A de la ligne de blocs la plus avancée. Cette ligne AB, parfaitement droite et à peu près perpendiculaire au canal, ou parallèle à la rive du lac, se compose de 17 blocs. Arrivé au dix-septième et dernier bloc, on n'a qu'à jeter un coup d'œil en arrière dirigé vers le poteau P, et l'on aperçoit, à une distance d'environ 25 mètres, la tête O d'une seconde ligne de 18 blocs ², OC, dont le prolongement forme un angle de 30° avec la première. L'extrémité C de cette seconde ligne se trouve sur une parallèle CD à la première ligne AB, parallèle qui passe par

¹ Voir le croquis, qui n'a pas la prétention à une exactitude cadastrale. Les distances ont été mesurées au pas et réduites en chiffres ronds de mètres. L'échelle est de $\frac{1}{1000}$.

² Une coquille dans le compte-rendu de la réunion de Genève me fait dire 28, au lieu des 20 indiqués, qui se réduisent à 18 en éliminant 2 blocs mesurant moins de 1 mètre.

le poteau P. En parcourant cette ligne CPD jusqu'au canal, on rencontre à sa gauche successivement trois groupes F, G, H, composés chacun d'un gros bloc et de trois plus petits. On revient ainsi au point de départ, après avoir parcouru la ligne brisée DABOCD. 47 blocs se trouvent donc compris dans le trapèze ABCD, dont les deux bases mesurent 80 et 50 mètres, la hauteur 46 mètres, et, par suite, l'aire tout près de 3000 m².

A une vingtaine de mètres à l'ouest de l'extrémité C du groupe, on trouve encore comme poste avancé, en dehors du trapèze, un quarante-huitième bloc M, à ras du sol, qui mérite d'être mentionné, parce que son encaissement complet par les alluvions lacustres, témoigne de son antiquité glaciaire. La surface nettement granitoïde forme un singulier contraste avec son état de désagrégation : on peut, pour ainsi dire, enlever les fragments à la cuiller.

La longueur de ces blocs varie en général entre 1 et 3 mètres, leur largeur entre 0^m.80 et 1^m.50. Il y en a qui dépassent 4 mètres de longueur (voir le tableau). Ceux dont la longueur est inférieure à 1 mètre n'ont pas été portés sur le tableau, à l'exception d'un quartzite remarquable par la grosseur des cristaux arrondis de quartz vitreux.

Quant à la hauteur au-dessus du sol, elle est faible pour toutes ces pierres et ne dépasse pas 0^m.50 pour celles qui offrent le plus de relief. Tandis que les unes sont assez profondément affaissées dans le sol, les autres paraissent simplement posées sur ce même sol. Cette circonstance, le faible relief en général et l'ordre quasi-militaire sur deux lignes m'avaient dès l'abord fait soupçonner l'intervention de l'homme.

D'après mes informations de meilleure source, et la position même des blocs, il s'agit d'un petit groupe erratique naturel, renforcé il y a une vingtaine d'années par l'ancien propriétaire, au moyen de pierres plates choisies à proximité dans le lac pour défendre le domaine contre les vagues. Le groupe a longtemps servi de limite aux baigneurs prudents. Ces 48 blocs ne sont donc pas tous à la place où le glacier du Rhône les avait abandonnés. Mais ceux qui sont rapportés n'ont pas dû être cherchés bien loin, et leur origine ou plutôt leur transport glaciaire ne saurait être nié : Malgré le travail d'érosion que les eaux avides du lac ont exercée à la surface des calcaires, le poli glaciaire est encore nettement visible. Cette partie de la grève s'étend d'ail-

leurs au pied de la colline mollifrique de Flouin, dont M. le professeur Renevier a publié la coupe en 1869, lorsqu'il fut chargé par la Société des Bains d'Yverdon de l'étude géologique de la contrée¹. Cette coupe montre que, sauf un affleurement très restreint des roches sous-jacentes, la mollasse aquitaniennne (d'eau douce) apparaît seule à la surface de cette première rangée de collines. Or, les blocs que j'ai trouvés sur la grève ne rappellent d'aucune manière la mollasse de ces collines. La belle carte de la Suisse pendant l'extension maximale des anciens glaciers, de M. le professeur Alphonse Favre², nous montre bien, du reste, que nous sommes là sur le terrain incontesté du grand glacier du Rhône. Enfin, l'examen minéralogique des 48 blocs, dont le résultat est résumé dans le tableau ci-après, ne révèle aucune roche qui ne soit largement représentée dans les massifs de la rive droite du Rhône et du Léman supérieur.

En publiant ce tableau, j'exprime ma vive reconnaissance à M. le professeur Renevier qui, connaissant mieux que personne les roches vaudoises et valaisannes, a bien voulu déterminer plusieurs de mes échantillons. J'ai aussi à remercier M. A. Dufour, étudiant en médecine, qui m'a accompagné dans ma dernière course sur la grève et m'a aidé à prendre les dimensions des blocs les plus remarquables.

Enfin, notre Société doit se souvenir avec reconnaissance de M. du Bois, de Champittet, qui nous a conservé le groupe décrit ici, ainsi que deux beaux blocs placés comme des sentinelles tout près de sa villa. (Un de ces derniers a été fendu dans toute sa longueur dans la chute qu'il a éprouvée lors du retrait du glacier.)

¹ Cette étude a été publiée dans le tome X, p. 265 du Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles et reproduite en partie dans la brochure plus récente de M. le Dr Mermod sur les bains d'Yverdon.

² De même que la petite carte de M. le professeur Jaccard, publiée dans notre Bulletin n° 91, de 1884.

Numéro.	Longueur.	Largeur.	Hauteur	Caractères lithologiques et chimiques.	
Ligne AB	1	m. 1.65	m. 0.95	m. 0.25	Gneiss granitoïdes à grandes plages d'orthose blanc et rose.
	2				Gneiss sériciteux.
	3				Poudingue miocène de Lavaux, à gros fragments.
	4				Calcaire siliceux, ou grès calcarifère, à surface peu altérée.
	5	1.93	1.00	0.20	Gneiss avec quelques beaux cristaux de feldspath.
	6				Poudingue de Lavaux (moins caractéristique que n° 3).
	7				Schiste houiller alpin micacé; à teinte violette.
	8				Micaschiste en voie de décomposition.
	9				Calcaire compact et pur, à surface érodée par les eaux acides du lac.
	10				Gneiss passant au micaschiste.
	11				Gneiss passant au quartzite, à gros cristaux de quartz vitreux.
	12				Calcaire siliceux, dur et compact.
	13				Calcaire siliceux, très dur.
	14				Micaschiste avec grands cristaux isolés de feldspath et de quartz.
	15				Grès dur, non calcarifère, foncé.
	16				Gneiss passant au micaschiste, profondément affaissé dans le sol.
	17	3.80	1.00	0.30	Calcaire pur et compact, à surface altérée.
Ligne OC.	18	2.65	0.90	0.45	Gneiss ocellé ou bréchiforme (Augengneiss), affaissement très marqué.
	19	3.23	1.30	0.25	Gneiss à mica verdâtre (ce bloc paraît rapporté).
	20				Gneiss à feldspath prédominant.
	21				Calcaire pur, à surface érodée.
	22				Schiste sériciteux, avec parties granitoïdes.
	23				Schiste gris argilo-calcaire, très feuilleté (bloc très entamé).
	24				Gneiss granitoïde à grands éléments.

Numéro.	Longueur.	Largeur.	Hauteur.	Caractères lithologiques et chimiques.
Ligne OC. { 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35	m.	m.	m.	Gneiss sériciteux, impur. Poudingue miocène de Lavaux. Schiste sériciteux. Calcaire pur, à surface érodée. Schiste gris argilo-siliceux, non calcari- fère. Serpentine, en voie de décomposition. Gneiss passant au micaschiste. Poudingue miocène de Lavaux. Micaschiste avec grandes plages de feldspath. Grès dur, non calcarifère. Calcaire pur et compact, à surface érodée.
Groupe F. { 36 37 38 39	4.50	1.50	0.40	Schiste vert amphibolique, à grandes ta- ches rouges. Gneiss granitoïde, à gros cristaux de quartz. Calcaire pur, dont la face supérieure est perforée d'une quantité de petits trous ronds. Calcaire mamelonné, à surface peu altérée.
Groupe G. { 40 41 42 43	4.30	1.60		Calcaire micacé ou Calcschiste, métamor- phique. Gneiss granitoïde à grandes parties. Gneiss granitoïde » » Gneiss granitoïde » »
Groupe H. { 44 45 46 47	3.58	1.30	0.30	Schiste sériciteux, avec veines de feldspath et de quartz. Calcaire pur, à surface érodée. Gneiss granitoïde. Calcaire pur, à surface érodée.
M 48	1.80	0.85	0.00	Gneiss granitoïde, en voie de décomposi- tion, à ras du sol (bloc isolé M).

Ces 48 blocs peuvent être groupés de la manière suivante, d'après leur nature pétrographique :

- 18 gneiss, pour la plupart granitoïdes.
- 7 schistes micacés ou sériciteux.
- 1 serpentine.
- 1 schiste vert amphibolique.

Soit 27 blocs composés exclusivement de roches cristallines ou semi-cristallines.

- 3 grès et schistes argilo-siliceux, non calcarifères.
- 18 blocs composés principalement de roches calcaires.

Ces derniers se subdivisent comme suit :

- 3 calcaires siliceux ou grès calcarifères.
- 2 schistes gris argilo-calcaires.
- 1 calcschiste ou calcaire micacé métamorphique.
- 8 calcaires purs et compacts, à surface érodée.
- 4 poudingues miocènes de Lavaux, à gros cailloux calcaires lâchement cimentés.

Parmi les 27 roches cristallines ou semi-cristallines, le type dominant est le gneiss, et, plus particulièrement, le *gneiss granitoïde*, dont l'orientation n'est pas encore très nette et où le quartz et surtout le feldspath se rencontrent souvent en grandes plages. Mais la cassure schisteuse, et, en général, la comparaison avec les types principaux des roches valaisannes, enfin l'avis compétent de M. le professeur Renevier, m'ont conduit à substituer le terme de « gneiss granitoïde » à celui de « granite » que j'avais employé dans une communication sommaire à la Société géologique suisse, réunie cet été à Genève. (Je m'étais réservé, d'ailleurs, de préciser mieux quelques points douteux, dans une notice à publier dans le Bulletin de notre Société vaudoise, après l'examen de tous les échantillons.) Une coquille qui s'est glissée dans le compte-rendu de la réunion de Genève m'a fait dire de plus « protogine. » Or c'est justement le contraire que je voulais dire — car malgré l'aspect granitoïde de ces blocs, ils diffèrent essentiellement du granit du Mont-Blanc, désigné ordinairement sous le nom de « protogine. » En revanche, tous mes échantillons de gneiss, qui présentent, d'ailleurs, beaucoup de

types différents et de transitions de l'un à l'autre ¹, rentrent dans le type général du gneiss valaisan. Celui-ci passe, comme on sait, facilement à la texture granitoïde d'une part, avec réticule micacé ou sériciteux de l'autre. Parmi les 7 schistes cristallins (ou métamorphiques) que j'ai cru pouvoir séparer des gneiss à cause de la prédominance du mica, plus ou moins pur, quelques-uns présentent encore des veines ou des plaques isolées de feldspath ou de quartz.

Dans plusieurs de ces schistes cristallins et gneiss, la séricite, ou mica hydraté, impur, d'aspect gras et verdâtre, remplace les paillettes brillantes du mica pur. Ces blocs, n^{os} 2, 22, 25, 27, 44, doivent provenir de la zone de roches métamorphiques du Bas-Valais, analogues à celles du Grimsel, récemment décrites par M. le professeur Baltzer, et regardées par ce savant comme des gneiss paléozoïques (voir le compte-rendu des travaux de la 69^e session ² de la Société helvétique, pages 73 à 75 ; 1886).

Les 3 grès ou schistes argilo-siliceux non calcarifères et les 3 calcaires siliceux qui ne diffèrent des premiers que par la présence de matière calcaire faisant effervescence avec les acides, semblent rentrer, d'après leur aspect extérieur, dans le type général des schistes gris (alternant avec des bancs de grès), si largement représenté en Valais. L'âge de ces roches est probablement paléozoïque, sous toutes réserves, cela va sans dire, car il y a des grès et schistes de tout âge. Les deux blocs argilo-calcaires de couleur gris-foncé paraissent appartenir plus sûrement encore à ce type des schistes gris.

Les 5 blocs dans lesquels la matière calcaire se trouve mélangée à la silice et à l'alumine, sont naturellement beaucoup moins altérés que les 8 calcaires purs et compacts, dont la face supérieure présente le phénomène connu du « lapiez » (en allemand *Karrenfelder*), à petite échelle, suite d'une immersion prolongée sous les eaux acides du lac. Ce phénomène de corrosion a produit des dessins variés et gracieux auxquels la persistance du poli glaciaire imprime un cachet tout particulier. Ces

¹ Ces différences sont indiquées sommairement sur le tableau, une description plus détaillée m'entraînerait trop loin.

² C'est entre les feuillets d'un bloc de gneiss sériciteux de l'Oberhasli qu'on a trouvé, cet été, les débris d'un tronc d'arbre fossile. Voir le même compte-rendu, page 69, Dr de Fellenberg.

8 calcaires purs, d'un gris clair, sont probablement néocomiens ou jurassiques, et leurs équivalents ne manquent pas dans les Alpes vaudoises et valaisannes.

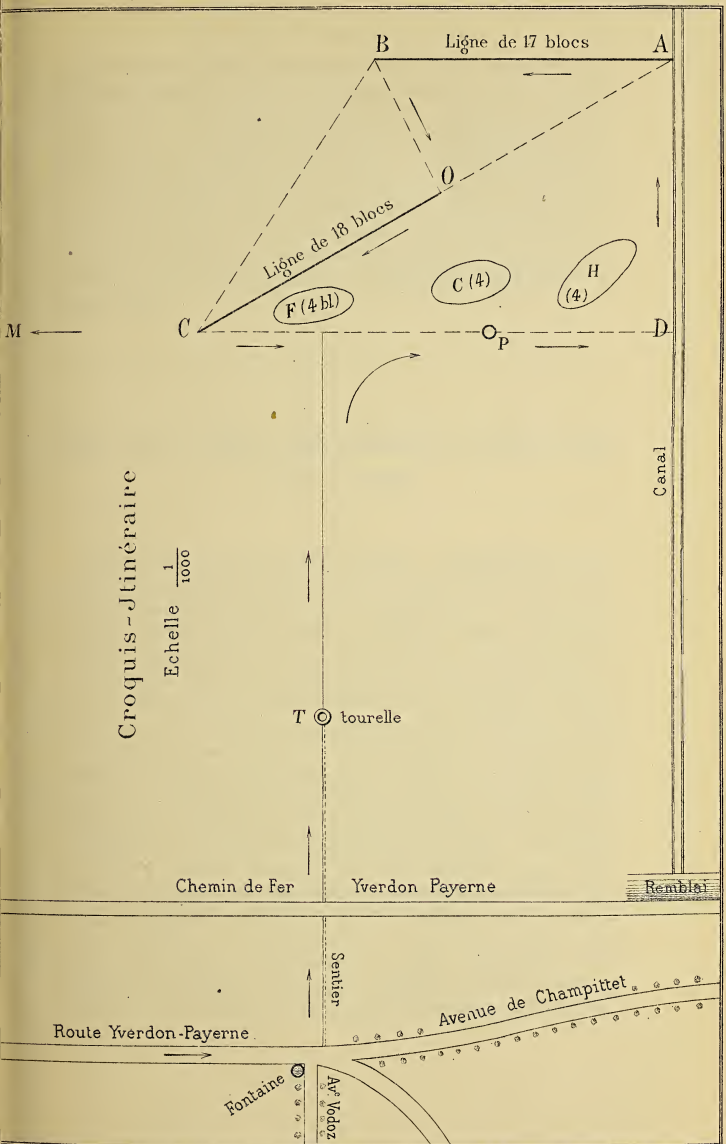
Enfin le calcschiste micacé, qui se sépare facilement en dalles, est caractéristique pour la région de Sembrancher et d'Outre-Rhône, de même que les 4 poudingues miocènes le sont pour Lavaux, d'après M. le professeur Renevier.

Toutes les roches indiquées dans le tableau ci-dessus ont donc leur équivalent en place sur la rive droite du Rhône ou du Léman oriental. Et d'autre part, aucune de ces roches — à l'exception du calcaire pur qui n'y est représenté que par un affleurement très restreint — ne se retrouve en place que sur les collines qui remontent la grève de Clendy. Ainsi l'examen lithologique confirme en tous points l'hypothèse du transport de ces blocs par l'ancien glacier du Rhône.

C'est surtout comme vérification de l'hypothèse glaciaire sur un groupe erratique accessible à tous, et d'autre part fort éloigné des glaciers actuels, que j'ai cru devoir publier mes modestes observations. C'est aussi dans l'espoir que les riverains du lac de Neuchâtel voudront bien les compléter en nous donnant des nouvelles des blocs plus grands qui se voient encore assez nombreux sur la grève entre Clendy et Yvonand, le long du talus du chemin de fer.

M. Roger de Guimps, le biographe de Pestalozzi, un des premiers partisans de la théorie glaciaire de Charpentier, racontait à ce savant, en 1834, que depuis longtemps les agriculteurs des environs d'Yverdon attribuaient à d'anciens glaciers¹ la présence des blocs de gneiss et de granit qu'ils trouvaient dans leurs champs. Espérons que les petits-fils de ces hommes intelligents ne laisseront pas disparaître les derniers témoins du passage du grand glacier dans leur contrée sans envoyer du moins les actes de décès à qui de droit. En faisant parvenir des échantillons, avec indication de la position et des dimensions des plus beaux de ces blocs, à M. le professeur Renevier, directeur du Musée géologique de Lausanne, qui est plus à même que personne de tirer parti de ces données, ils rendront service à la

¹ De Charpentier, *Essai sur les glaciers*, Lausanne, 1841, page 243. Sur la page précédente, le même auteur attribue la première idée de l'hypothèse glaciaire au chasseur de chamois Perraudin, du val de Bagne, qui faisait aller l'ancien glacier du Rhône jusqu'à Martigny.



science qui a besoin du concours de tous pour compléter cette page importante de l'histoire physique de notre pays. Il serait encore plus méritoire de nous conserver quelques-uns de ces blocs, mais ce vœu paraîtra peut-être trop ambitieux et ne saurait être réalisé partout, j'en conviens. On ne peut demander à tous les propriétaires de se montrer aussi respectueux que M. du Bois, de Champittet, pour des souvenirs d'une époque plus ancienne que l'homme. Il me sera permis cependant d'exprimer ce vœu, dans l'intérêt d'une théorie démontrée et illustrée par nos savants, et dont l'idée première et fondamentale appartient au peuple suisse.

Étude sur la forme d'une surface en un point donné,

par A.-A. ODIN

L'admirable travail de Gauss, intitulé : *Disquisitiones generales circa superficies curvas*, a ouvert une ère nouvelle à l'étude des relations infinitésimales qui se rapportent à la courbure des surfaces, et sert encore à l'heure présente de base à la presque totalité des nombreux travaux qui paraissent chaque année sur cette matière. Mais si la méthode de Gauss est le seul fondement apte à permettre une étude générale d'une surface quelconque prise dans son ensemble, elle se prête souvent fort mal à l'étude de la forme d'une surface en un point donné de cette surface; nous n'en voulons pour preuve que le calcul que Dietrich a fait insérer dans la *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, t. XXVI, pages 57-59, et qui devient tout à fait superflu si l'on se sert de la méthode de l'indicatrice introduite par Dupin. La méthode de Gauss a en outre l'inconvénient d'être difficile à comprendre. Plusieurs savants ont déjà cherché à simplifier les démonstrations de l'illustre mathématicien allemand et y ont en partie réussi; quelques-uns d'entre eux ont employé des séries, mais aucun n'a, à notre connaissance du moins, utilisé des séries complètes permettant, d'une part, d'étudier la forme d'une surface en un point donné, en poussant le développement jusqu'aux

infiniment petits d'un ordre aussi élevé que l'on veut, et, d'autre part, d'employer ces séries à l'étude d'une portion finie de surface. Qu'il nous soit permis de donner ici le résultat succinct de quelques recherches faites à ce sujet.

Pour étudier la forme d'une surface aux environs immédiats d'un point donné, nous l'avons rapportée à un système $Oxyz$ de coordonnées cartésiennes rectangulaires, ayant ce point pour origine. Mais le choix d'un système de coordonnées ne suffit pas, car à la forme d'une surface sont intimement liées toutes les déformations que l'on peut faire subir à cette surface sans déchirure ni duplication, et il nous a fallu introduire un élément de calcul qui soit inhérent à la surface considérée comme un tissu inextensible et incompressible. A cet effet, nous avons cru devoir choisir la *longueur réduite d'un arc de géodésique* préconisée par Christoffel dans sa *Theorie der geodätischen Dreiecke*. Pour établir une liaison entre la longueur réduite d'un arc de géodésique et l'équation de la surface donnée, nous nous sommes servi des coordonnées géodésiques polaires qui ont déjà été utilisées par plusieurs savants.

Soit

$$F(x, y, z) = 0$$

l'équation de la surface considérée; comme celle-ci passe par l'origine, on pourra toujours, pour des valeurs suffisamment petites de x, y, z , développer $F(x, y, z)$ en série, et la surface sera représentée par une équation de la forme :

$$(1) \quad 0 = \sum_{\lambda + \mu + \nu = 1} a_{\lambda, \mu, \nu} x^{\lambda} y^{\mu} z^{\nu}$$

Considérons une ligne géodésique G partant de l'origine; si s désigne sa longueur à partir de l'origine, cette longueur étant toujours regardée comme positive, la géodésique sera représentée par trois équations de la forme :

$$x = \sum_{m=1}^{m=\infty} \alpha_m s^m; \quad y = \sum_{m=1}^{m=\infty} \beta_m s^m; \quad z = \sum_{m=1}^{m=\infty} \gamma_m s^m$$

Les coefficients α, β, γ ne sont pas indépendants les uns des autres, d'abord parce que G est situé sur la surface donnée et que, par conséquent, les valeurs de x, y, z doivent satisfaire

l'équation (1); ensuite parce que G étant une géodésique, sa normale principale doit être constamment normale à la surface, et enfin parce que s n'étant pas une variable quelconque, mais représentant la longueur de l'arc de G , on doit avoir identiquement

$$\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 = 1$$

Ces trois conditions auxquelles doivent satisfaire les coefficients $\alpha_m, \beta_m, \gamma_m$ nous ont permis d'établir des expressions symboliques des valeurs de ces coefficients et d'établir la nature de ces valeurs. Le cadre de ce mémoire ne nous permet pas de donner les calculs relatifs à cette étude; nous nous bornerons à en indiquer les principaux résultats.

Si l'on donne la tangente de G à l'origine des coordonnées, la géodésique G sera déterminée et les coefficients α, β, γ seront aussi parfaitement déterminés. Ils dépendent donc essentiellement de la direction de cette tangente; celle-ci pourra être fixée par l'angle φ qu'elle forme avec une direction choisie dans le plan tangent à la surface; nous voyons donc que les α, β, γ doivent être des fonctions bien déterminées de φ ; nous préciserons en indiquant le résultat auquel nous ont conduit nos calculs, lequel résultat peut être exprimé comme suit :

Les coefficients $\alpha_m, \beta_m, \gamma_m$ sont des fonctions entières et homogènes du $m^{\text{ième}}$ degré en $\cos \varphi$ et $\sin \varphi$; les coefficients de ces fonctions sont à leur tour des fonctions rationnelles des a dont la somme des indices ne surpasse pas m , fonctions qui sont entières par rapport aux a dont la somme des indices surpasse 1, et même linéaires par rapport aux a dont la somme des indices surpasse $\frac{m+1}{2}$.

Nous nous sommes ensuite proposé de développer en série la longueur réduite d'un arc de la géodésique G , et cela de la manière la plus simple, c'est-à-dire en nous servant de la définition même telle qu'elle a été donnée par Christoffel. Soit M un point sur G tel que :

$$OM = s$$

Construisons sur notre surface une nouvelle géodésique G' qui soit infiniment rapprochée de G , et choisissons sur elle un point

M' dont la distance à O soit aussi s . Si nous appelons $\delta\sigma$ la distance MM' et $\delta\varphi$ l'angle formé par G et G' au point où ces lignes se coupent, nous savons que la longueur réduite S de l'arc OM est définie par la formule :

$$S = \frac{\delta\sigma}{\delta\varphi}$$

Comme l'on a

$$\left(\frac{\delta\sigma}{\delta\varphi}\right)^2 = \left(\frac{\delta x}{\delta\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\delta y}{\delta\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\delta z}{\delta\varphi}\right)^2$$

que, d'un autre côté, les différentiations exprimées par le signe δ se rapportent exclusivement à la variable φ et que nous connaissons un moyen d'exprimer les divers coefficients du développement de x, y, z en fonction de φ , on conçoit immédiatement la possibilité de former le développement de S en série croissante de s , les coefficients de cette série étant des fonctions de φ . Ces coefficients sont assez laborieux à calculer et se présentent sous une forme très compliquée. On arrive cependant assez facilement à leur reconnaître les propriétés générales exprimées dans le théorème suivant :

Une surface étant représentée par l'équation :

$$\begin{aligned} \lambda = \infty, \mu = \infty, \nu = \infty \\ 0 = \sum_{\lambda + \mu + \nu = 1} a_{\lambda, \mu, \nu} x^\lambda y^\mu z^\nu \end{aligned}$$

passé par l'origine des coordonnées ; la longueur réduite S d'un arc de géodésique s partant de l'origine — où il fait un angle φ avec une direction fixe prise dans le plan tangent à la surface — est développable suivant les puissances croissantes de s ; le premier terme de ce développement est s et le terme en s^2 est nul ; à partir de $m = 0$, le coefficient de s^{m+3} est une fonction entière et homogène du $m^{\text{ième}}$ degré en $\cos \varphi$ et $\sin \varphi$; les coefficients de cette fonction sont formés des a dont la somme des indices ne dépasse pas $m + 2$ et de telle façon que les a dont la somme des indices est plus grande que $\frac{m}{2} + 2$ ne s'y rencontrent qu'au premier degré.

Les développements en série dont nous venons de résumer les principales propriétés donnent un moyen élémentaire très simple pour étudier la forme d'une surface en un point donné, surtout lorsqu'il s'agit des changements qu'éprouvent les paraboloïdes osculateurs quand on déforme la surface sans déchirure ni duplication. Les deux théorèmes que nous avons énoncés peuvent aussi servir à démontrer nombre d'autres théorèmes et à résoudre quantité de questions; nous n'indiquerons que la suivante, que nous croyons n'avoir pas encore été traitée.

Soient deux courbes C_1 , C_2 se coupant en un point O et une surface S passant par ce point. On peut se proposer de développer la surface S sur les courbes C_1 et C_2 , c'est-à-dire de la déformer sans déchirure ni duplication, de telle façon qu'elle arrive à contenir, au moins sur une certaine étendue, les courbes C_1 et C_2 , le point O restant en place. Pour plus de simplicité, supposons que la normale commune à C_1 et C_2 en O coïncide avec la normale ON de la surface S . Soit OT une tangente quelconque de la surface en O , tangente dont le premier élément est regardé comme faisant partie de la surface. Le point O et la normale ON de la surface étant fixes, on peut encore donner à cette surface une infinité de positions en la faisant tourner autour de ON ; elle sera fixée par la tangente OT .

Ceci étant posé, on démontre d'abord que *la possibilité ou l'impossibilité de développer S sur les courbes C_1 et C_2 ne dépend absolument pas de la position de OT par rapport à C_1 et C_2 , en d'autres termes, que si le problème est possible pour une position de OT , il est possible pour toutes les autres positions*. On prouve ensuite aisément que le problème a en général deux solutions caractérisées par deux systèmes de sections normales principales (un pour chaque solution), *qui sont les mêmes pour toutes les directions de OT* ; ces systèmes peuvent être soit réels et distincts, soit réunis en un seul, soit imaginaires; dans ce dernier cas, le problème est, à proprement parler, impossible.

Pour distinguer les trois cas que nous venons de mentionner, appelons ρ_1 le rayon de courbure en O de la projection de C_1 sur son plan tangent passant par ON , et ρ_1' le rayon de courbure de la projection de cette même courbe sur le plan normal de C_2 passant par O . Nous définirions de même des rayons de courbure ρ_2 et ρ_2' . On vérifie aisément que :

$$\rho_1 \rho_2' = \rho_1' \rho_2$$

Nous pouvons donc poser :

$$\frac{1}{\rho_1 \rho_2'} = \frac{1}{\rho_1' \rho_2} = C$$

Appelons K le produit des réciproques des rayons de courbure principaux de S en O ; ce produit, appelé par Gauss courbure de la surface au point O , ne change pas si l'on déforme la surface.

Revenons à notre problème : il a deux solutions réelles et distinctes pour chaque position de OT si

$$C > K$$

les deux solutions deviennent identiques si

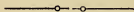
$$C = K$$

et imaginaires dans le cas où

$$C < K$$

La question est de cette manière complètement résolue pour le cas général, mais si le problème est possible, il y a une restriction à faire à notre solution, car, par la méthode employée, nous ne pouvons la démontrer que si la surface S est limitée à un cercle géodésique ayant O pour centre et tel que les séries employées soient encore convergentes si l'on donne à leur argument une valeur égale au rayon de ce cercle.

Yverdon, le 30 novembre 1886.



DES EFFETS DE LA THYROÏDECTOMIE

(Séance du 16 mars 1887)

par A. HERZEN

Il y a une trentaine d'années déjà que M. Schiff, dans un premier travail resté forcément incomplet, essaya, mais sans succès, d'attirer l'attention des physiologistes et des médecins sur les effets de la thyroïdectomie chez différents animaux; le problème ne réussit pas à s'imposer et fut complètement oublié. Pour le remettre sur le tapis, il a fallu que l'imagination des médecins et des savants fût frappée par la description des conséquences étranges et très graves que l'extirpation du goître entraîne quelquefois chez l'homme; je dis *quelquefois*, parce que l'on ne soumet pas l'homme sain à l'extirpation de la thyroïde normale, que la thyroïde malade que l'on extirpe chez lui peut être plus ou moins malade, et que les conséquences dont il s'agit se manifestent en proportion de la quantité de tissu thyroïdien normal dont on prive subitement l'individu.

Il va sans dire que c'est uniquement l'extirpation de la thyroïde normale chez des animaux sains, qui peut nous révéler le rôle de cet organe. Aussi laisserons-nous complètement de côté tout ce qui concerne les conséquences variables et incertaines de la thyroïdectomie chez l'homme goîtreux.

En 1884, M. Schiff a repris la question et a publié le résultat de ses nombreuses expériences dans la *Revue médicale de la Suisse romande*, 15 février et 15 août. Il ressort de ses recherches que les *rongeurs* (lapins, cobayes et rats) supportent bien la thyroïdectomie complète et simultanée, ne tombent pas malades et survivent indéfiniment à cette opération, — tandis que pour les *carnivores* (chiens et chats) elle est presque infailliblement mortelle. Sur soixante chiens éthyroïdés, *un seul* a survécu, « après avoir offert des symptômes très graves; » tous les autres sont morts entre le quatrième et le vingt-septième jour, la plupart entre le sixième et le neuvième.

Ils ont succombé à une maladie plus ou moins grave et plus ou moins longue, qui a toutes les apparences d'une maladie des centres nerveux encéphaliques; les symptômes consistent, chez

le chien surtout, en un singulier mélange de phénomènes paralytiques ou parétiques et de phénomènes irritatifs et convulsifs, dans la sphère de la sensibilité et de la motilité; pour les détails je ne puis que renvoyer au premier des deux récents mémoires de M. Schiff (l. c. fasc. du 15 févr.).

Dans le second mémoire (fasc. du 15 août 1884), M. Schiff va plus loin; en vue des résultats obtenus à la suite de l'extirpation *simultanée* des deux thyroïdes, il se demande quel serait l'effet de l'ablation d'une seule thyroïde d'abord, et puis de l'autre, au bout d'un intervalle de temps plus ou moins prolongé. Un espace de vingt jours, entre la première extirpation et la seconde, s'est montré tout à fait suffisant pour éviter complètement toutes les conséquences de la thyroïdectomie bilatérale simultanée; un intervalle de quinze jours permet aux animaux de se rétablir et de survivre indéfiniment, mais ne leur épargne pas un cortège de symptômes fort semblables, quoique moins durables et moins intenses que ceux qui surviennent après l'extirpation bilatérale simultanée. Un intervalle plus court est insuffisant.

Il paraît donc que l'organisme peut s'habituer, peu à peu et relativement très vite, à une diminution d'abord, à l'absence ensuite, de la fonction de la thyroïde, quelle que soit cette mystérieuse fonction; — ou bien, qu'il y a un autre organe, à fonction analogue, apte à augmenter peu à peu son activité, après l'ablation de l'un des corps thyroïdes, de façon à pouvoir suffire à lui seul aux besoins de l'organisme lorsque plus tard on extirpe l'autre corps thyroïde. Cette dernière hypothèse est cependant la moins probable, et nous ne possédons jusqu'à présent pas un seul fait à l'appui; la première, au contraire, est confirmée par les très curieuses expériences de M. Schiff sur la *greffe péritonéale de la thyroïde*, qui procure aux chiens une immunité presque complète contre les effets de l'extirpation *simultanée* des deux corps thyroïdes. (Pour les détails, voir l'original.)

Tels sont les faits, aussi inattendus et étranges qu'inexplicables, constatés par M. Schiff. Ces faits ont bientôt été confirmés par des observations analogues publiées coup sur coup dans les années 1885 et 1886: Tizzoni, en Italie, a confirmé l'innocuité de la thyroïdectomie chez les lapins et, de plus, l'innocuité de la splénotomie après la thyroïdectomie, ce qui prouve que l'immunité du lapin n'est pas due à ce que la rate peut chez lui vicarier plus efficacement que chez le chien pour la thyroïde absente, — supposition d'ailleurs absolument gratuite, aucun fait n'ayant

jusqu'à présent indiqué le moindre rapport fonctionnel entre ces deux organes, à structure profondément différente ; Horsley, en Angleterre, a confirmé les conséquences fatales de la thyroïdectomie chez les chiens et a, en outre, expérimenté sur des singes, chez lesquels la marche de l'affection produite par cette opération est beaucoup plus lente que chez les chiens, et rappelle à certains égards ce qui se passe chez l'homme. En Allemagne, plusieurs expérimentateurs ont aussi constaté tout le cortège de troubles décrits par Schiff ; à ce point de vue, l'accord est complet, et il ne reste de divergence que relativement à des points d'importance secondaire : les questions de savoir si la thyroïdectomie bilatérale simultanée est *toujours* mortelle ; si dans les cas où elle ne l'est pas, il y a des thyroïdes supplémentaires ; si l'extirpation en deux temps est *toujours* également bien supportée ; si la greffe péritonéale est réellement aussi efficace que Schiff le pense.

C'est lorsqu'on quitte les *faits* pour l'*explication* que chacun essaie d'en donner, que l'accord disparaît et fait place à un véritable chaos d'opinions hétérogènes et inconciliables.

On a dit que tous ces troubles pouvaient provenir de lésions nerveuses. Mais lesquelles ? Il n'y a que trois nerfs importants qui puissent être en jeu ici : le sympathique, le pneumogastrique et le récurrent ; or, en premier lieu, si l'opération est bien faite, *on ne voit même pas ces nerfs* ; en second lieu, la lésion de ces nerfs donne des effets connus de tous, et bien définis, qui n'ont rien de commun avec les symptômes absolument différents qui résultent de la thyroïdectomie ; en troisième lieu, il est facile de se convaincre à l'autopsie que ces nerfs sont intacts. Enfin, s'il s'agissait d'une lésion nerveuse, comment s'expliquerait l'immunité des animaux qui subissent l'ablation successive à quinze ou vingt jours de distance, ou l'ablation simultanée après la « greffe péritonéale ? »

On a dit ensuite que les chiens éthyroïdés de M. Schiff succombaient à une infection septique. Un moment de réflexion eût épargné cette singulière supposition à ceux qui l'ont énoncée : les chiens de M. Schiff survivent, presque sans troubles, même passagers, lorsqu'il les infecte *deux fois* (dans la thyroïdectomie successive, ou dans la simultanée après la greffe péritonéale), mais ils meurent avec tout l'étrange cortège de symptômes qu'il a décrits, quand il les infecte *une seule fois* (dans l'extirpation bilatérale simultanée sans autre opération préalable) ; cela suffit

pour montrer l'inanité de l'objection. Mais il y a plus : en premier lieu, les symptômes en question sont absolument différents de ceux de la septicémie ainsi que de ceux d'une maladie infectieuse quelconque; en second lieu, le chien est extrêmement rénitent à toute infection, y compris la septique : c'est là un fait bien connu; j'ai cependant voulu le contrôler encore une fois, et j'ai injecté dans le tissu cellulaire sous-cutané de trois chiens des doses relativement énormes de macération cadavérique en pleine putréfaction: ils ont montré, bientôt après l'injection, des symptômes tout à fait insignifiants : nausées, vomissements, agitation d'abord, abattement ensuite, inappétence, légère fièvre, et rétablissement complet au bout de deux, trois et quatre jours. En quoi cela ressemble-t-il aux effets de la thyroïdectomie? En troisième lieu, le sang d'animaux morts à la suite de cette opération n'a point de propriétés toxiques : je l'ai injecté impunément à très forte dose dans le tissu cellulaire sous-cutané et dans la cavité péritonéale à plusieurs lapins et à plusieurs grenouilles, qui n'ont pas donné le moindre signe de malaise.

A vrai dire, cette théorie septique des effets de la thyroïdectomie ne mériterait pas d'être prise en considération, si elle n'avait pas été accréditée auprès du public médical par une sanction expérimentale illusoire. Le docteur Kaufmann (de Zurich) crut avoir réussi, grâce à des précautions antiseptiques, à maintenir en parfaite santé des chiens éthyroïdés; mais il suffit de jeter un coup d'œil sur les dessins qui accompagnent son travail pour concevoir le soupçon qu'il a extirpé la sous-maxillaire au lieu de la thyroïde; ce soupçon se change en certitude lorsqu'on lit la page où il décrit son procédé opératoire; il affirme qu'on ne peut pas atteindre les deux thyroïdes du chien par une seule incision; or, c'est toujours par une seule incision médiane qu'on les atteint; d'après lui, il faut faire deux incisions, une de chaque côté, perpendiculairement au milieu d'une ligne qui réunit l'angle de la mâchoire inférieure à l'os hyoïde; eh bien, de cette manière c'est sur la sous-maxillaire qu'on tombe, et on ne peut même pas atteindre la thyroïde, située 5 ou 6 centimètres plus bas, au-dessous du larynx, accolée à la trachée, depuis le premier jusqu'au cinquième ou sixième anneau cartilagineux. Je voudrais pouvoir atténuer l'erreur de l'auteur, en supposant qu'il a pris pour la thyroïde un gros ganglion lymphatique, situé entre la sous-maxillaire et le larynx et dont la forme se rapproche davantage de celle de la thyroïde; mais ses dessins et sa

description excluent une pareille atténuation; la seule chose qui se trouve dans ce cas singulièrement atténuée, c'est la critique inconsiderée qui a été lancée contre les expériences de M. Schiff.

Ayant ainsi écarté les explications impossibles et sûrement fausses, et avant d'aborder celles qui semblent moins injustifiables, je vais donner une courte description de quelques observations faites à Lausanne, — surtout pour montrer combien les cas individuels diffèrent les uns des autres :

1° Chienne de chasse, de 2 ou 3 ans, opérée de thyroïdectomie bilatérale simultanée le 28 juin 1886, guérit par première intention, ne montre aucun trouble appréciable pendant trois mois et demi; Tizzoni ayant observé que l'extirpation de la rate produit souvent chez les animaux privés de la thyroïde, des symptômes analogues à ceux que produit habituellement la thyroïdectomie, cette chienne est soumise en octobre 1886 à la splénectomie; elle guérit par première intention, ne montre aucun trouble appréciable pendant trois mois; passe ensuite par une courte période d'inappétence et d'amaigrissement; puis se remet complètement, et se trouve encore à présent, *un an* après la première opération, en parfaite santé.

2° Chien de garde jeune, de huit mois environ. Opéré le 5 juillet; le 6 il est tout à fait remis de l'acte opératoire et de l'éthérisation; le 7, à neuf heures du matin, il prend un abondant repas; à dix heures, le domestique vient me dire qu'il marche d'une manière singulière et souffre apparemment de la chaleur. Je le trouve couché, la tête renversée, la bouche largement ouverte, la langue pendante, respirant comme un chien essoufflé; il veut marcher et ne peut pas, car la patte antérieure droite refuse d'obéir à la volonté; elle plie sous le poids du corps, et se pose souvent sur sa face dorsale, tout à fait comme après l'extirpation de la « zone motrice » du côté opposé; le train postérieur est le siège de secousses musculaires rythmiques: la température rectale est de 41°. Les symptômes s'aggravent rapidement, la respiration s'accélère jusqu'à 240 par minute; impossible de compter le pouls, à cause des tremblements musculaires qui se sont généralisés et produisent une raideur subtétanique des extrémités; une salive aqueuse coule abondamment de la bouche; le museau, les oreilles, les pattes sont chauds et congestionnés; la température rectale monte à 43° et l'animal meurt

subitement, *quarante-huit heures* après l'opération, deux heures après le début des symptômes; il devient presque aussitôt rigide. Je ne trouve absolument rien de remarquable dans les viscères thoraciques ou abdominaux; la digestion stomacale est avancée; le pancréas est rouge et congestionné, comme il l'est habituellement pendant la digestion; la rate est très petite, contractée, ferme et presque tout à fait exsangue.

3° Un autre chien, jeune mais adulte, depuis deux mois complètement guéri de la splénectomie, est soumis à l'extirpation bilatérale simultanée de la thyroïde; les symptômes débutent le surlendemain et aboutissent rapidement à la mort, tout à fait comme dans le cas précédent.

4° Chienne de chasse, âgée de deux ans environ, opérée le 10 juin 1886. L'animal se montre à peine troublé par l'acte opératoire, la plaie guérit rapidement et laisse une cicatrice linéaire qui devient bientôt presque invisible. Jusqu'au 17 juillet, c'est-à-dire pendant *trente-sept jours* consécutifs, l'animal se maintient en parfaite santé, sans offrir le moindre trouble des fonctions de la vie végétative, ni de la vie de relation, ni de la vie psychique; il mange, boit et digère parfaitement, est aussi remuant, vif et gai qu'auparavant, et garde les traits fondamentaux de son caractère, très affectueux pour nous, extrêmement jaloux vis-à-vis des autres chiens.

Dans le courant du 17 juillet, le domestique du laboratoire aperçoit des tremblements et quelques soubresauts dans les muscles des extrémités; vers cinq heures de l'après-midi l'animal, pendant une promenade, est pris *subitement* d'un accès paralytico-convulsif des plus violents; tous les muscles du corps vibrent rapidement, le tremblement des temporaux et des masséters produit un fort claquement de dents, la parésie de l'une des pattes antérieures, jointe aux secousses cloniques dans les extrémités postérieures, ne permet plus à l'animal de marcher; il tombe sur un flanc; la respiration, haletante, est très accélérée. L'accès dure environ cinq heures; il y a de temps en temps des rémissions, pendant lesquelles l'animal se montre très fatigué, la température rectale monte peu à peu, mais ne dépasse guère 40°; vers huit heures il refuse l'eau qu'on lui offre, mais boit, sans difficulté de déglutition, environ un demi-litre de lait: il a sans doute des sensations tactiles subjectives dans les extrémités, car, à plusieurs reprises, il saisit avec la bouche l'une

ou l'autre de ses pattes postérieures, sans la serrer, mais en la mordillant délicatement depuis l'articulation tibio-calcanéenne, jusqu'au bout des doigts.

Les rémissions se font peu à peu plus fréquentes et plus longues : les tremblements et les secousses moins intenses ; la température diminue ; à dix heures, elle est à 39°6. La respiration se tranquillise, l'animal se rétablit. Le lendemain, 18 juillet, il est revenu à un état apparemment tout à fait normal, à tous les points de vue. Le 19, à midi, il a un nouvel accès, semblable à celui du 17, mais moins violent ; le 20, rien du tout ; le 21, à huit heures du matin, nouvel accès, qui augmente lentement d'intensité, et devient très fort ; à onze heures, la température rectale atteint 42°2 ; une demi-heure plus tard, 43°4 ; puis la température commence à baisser et peu à peu l'animal se rétablit. Le 22, rien. Le 23, dès le matin, il montre un état psychique particulier, caractérisé par une vive terreur que provoquent les objets les plus usuels ; il circule dans la salle du laboratoire, sans se reposer un seul instant, et s'arrête devant les tables, les chaises, un panier, une cruche, une cuvette remplie d'eau ; il les contemple longuement dans l'attitude d'un animal terrifié par la vue d'un ennemi inconnu, et fait tout à coup un bond en arrière, comme pour fuir devant l'attaque de l'imaginaire ennemi ; tout bruit soudain le fait tressaillir, absolument comme les ébranlements mécaniques font tressaillir les animaux empoisonnés par la strychnine ; le son de la voix humaine n'a pas cet effet. Peu à peu les secousses musculaires se font plus fréquentes et s'emparent tantôt d'une épaule, tantôt d'une patte postérieure, tantôt des muscles masticateurs, ce qui produit un fort claquement des dents ; mais ces accès convulsifs sont de courte durée et pas assez forts pour empêcher l'animal de se tenir debout ; dans les intervalles, il est toujours en proie à ses hallucinations terrifiantes ; il nous fait, dans ces moments-là, tout à fait l'impression d'un chien hydrophobe ; cette fois, c'est évidemment le trouble sensoriel et psychique qui prédomine, tandis que dans les accès précédents, nous n'avions rien observé de pareil. Peu à peu l'animal se tranquillise ; le domestique entre dans la salle ; son apparition provoque un accès de claquement de dents et de secousses généralisées qui font presque tomber l'animal ; cependant il remue la queue et donne des signes de satisfaction ; il refuse l'eau qu'on lui offre, et a une grande frayeur de la cuvette qui la contient ; par contre, il boit du lait et mange du pain, sans aucune diffi-

culté de déglutition. Dans le courant de l'après-midi, il se rétablit tout à fait. Le lendemain, 24, vers six heures, nouvelle et violente attaque, tout à fait semblable à celle du 17, se déroulant exclusivement dans la sphère motrice. Dans l'espoir de calmer les convulsions et surtout l'hyperthermie, je maintiens l'animal pendant dix minutes dans un bain froid; cela ne produit qu'un soulagement problématique et en tous cas très passager; mais j'attribue à ce bain, qui a produit un catarrhe nasal et bronchial, le changement complet dans la marche de l'affection, dès le jour suivant. En effet:

A partir du 24 l'animal tombe dans un état ininterrompu d'épuisement, de faiblesse, de tristesse et d'indifférence; il refuse de manger et de boire, mais avale bien le lait qu'on lui injecte dans la bouche avec une seringue; il maigrit rapidement; la respiration devient de plus en plus lente, superficielle et pénible; de temps en temps, on observe des secousses du diaphragme synchroniques avec les systoles du cœur; l'animal ne prête plus aucune attention à ce qui se passe autour de lui; il prend un air stupide et un regard vitreux, sans expression, et meurt le 1^{er} août à midi, *cinquante-deux jours* après l'opération, quinze jours après le début des symptômes. Le lendemain matin nous faisons l'autopsie: cyanose très prononcée et sécheresse des tissus; tous les organes sont le siège d'une congestion veineuse très forte, *excepté* le cerveau, la muqueuse gastrique et intestinale, le pancréas et la rate, qui est ferme, petite et presque exsangue.

Excepté ces trois remarques, aucun organe n'a offert, à l'examen microscopique, une altération visible.

Demandons-nous à présent quelle peut être la cause de ces singuliers phénomènes, si irréguliers dans leur marche, si variables dans leur forme, c'est-à-dire, en d'autres termes, quelle peut être la fonction de la thyroïde?

MM. Albertoni et Tizzoni ont publié, sur les effets de la thyroïdectomie, le travail à tous égards le plus complet¹. Sans

¹ *Archivio per le scienze mediche*, V. X, n° 2. Les auteurs ont fait des expériences préliminaires pour s'assurer que les symptômes dont il s'agit ne sont jamais produits par une lésion quelconque (section, tiraillement, ligature ou irritation) des nerfs situés dans le voisinage des corps thyroïdes, ni par la ligature des artères thyroïdiennes. Cette dernière expérience a également été répétée à Lausanne: nous avons lié les *principales* artères, y compris, naturellement, les filets nerveux qui les accompagnent, des deux corps thyroïdes, chez une grosse chienne, qui n'en a été nullement incommodée.

m'arrêter à la partie historique et bibliographique de ce travail, ni à la description des symptômes classiques, paralytico-convulsifs et trophiques, de la singulière maladie que la thyroïdectomie produit chez le chien, — description tout à fait concordante avec celle que donnent tous les autres observateurs, — je passe immédiatement au fait nouveau découvert par les auteurs et à la conclusion qu'ils en tirent.

Ils ont été conduits à leur découverte par une étude soignée *du sang* des animaux opérés; ils n'ont trouvé aucune modification du nombre ou de la structure des éléments figurés du sang (hématies, leucocytes et plaquettes); point de diminution dans la quantité d'hémoglobine, mais en revanche *une diminution énorme de son contenu en oxygène*: le sang *artériel* des animaux malades contient en moyenne *moins d'oxygène* que le sang *veineux* des animaux sains. La différence est frappante et c'est à l'énorme déficit d'oxygène qu'ils attribuent tous les symptômes nerveux, musculaires et trophiques de la « cachexia strumipriva » aiguë du chien. Ils en concluent que *la fonction de la thyroïde consiste à communiquer à l'hémoglobine la faculté de fixer l'oxygène*.

Telle est la théorie, qu'on pourrait appeler *anoxyhémique*, des effets de la thyroïdectomie. — Malgré l'évidence du fait sur lequel cette théorie repose, quelques points obscurs semblent encore lui échapper; il y a, en effet, dans la marche des phénomènes dont il s'agit, des irrégularités qui s'accordent mal avec elle: sans parler de l'immunité complète de certains mammifères (les rongeurs, notamment les lapins), nous voyons les symptômes violents, offerts par la très grande majorité des chiens, se manifester tantôt dès le lendemain de l'opération, tantôt au bout de plusieurs jours, et même de plusieurs semaines, sans que dans l'intervalle, qui sépare l'opération du début des accès, les animaux trahissent le moindre trouble d'une fonction quelconque; bien plus, d'après les auteurs cités, il arrive, dans quelques cas, exceptionnels il est vrai, que les animaux survivent indéfiniment, *sans aucune conséquence fâcheuse*.

Il y a d'autres organes, dit-on, qui peuvent suppléer à l'absence de la thyroïde et qui sont, apparemment, très inégalement développés chez les différents individus. Soit, mais alors les individus qui ne tombent malades que longtemps après l'opération, et qui montrent ainsi que chez eux les organes hypothétiques dont il s'agit, ont un développement considérable, ces individus-

là ne devraient *jamais* tomber malades, — grâce justement à la suppléance suffisante de ces organes, qui doivent même se développer de plus en plus à cause de leur activité augmentée, et grâce aussi à l'adaptation croissante de l'organisme aux conditions nouvelles ; on ne comprend pas pourquoi, dans ces cas, le sang, suffisamment oxygéné pendant si longtemps, perd tout à coup la propriété de fixer l'oxygène.

L'*intermittence* (et la *périodicité* quelquefois si marquée) des premiers accès constitue une nouvelle difficulté pour la théorie anoxyhémique ; l'accès éclate subitement, sévit avec violence, se dissipe au bout de quelques heures et est suivi de deux ou trois jours de bien-être parfait ; un des animaux que j'ai décrits plus haut, la chienne n° 4, a eu cinq accès, séparés l'un de l'autre par un intervalle d'environ quarante heures, pendant lequel il ne trahissait aucun malaise. Un tel accès est caractérisé par une hyperthermie souvent énorme, par une suractivité également énorme de tous les muscles striés et par une respiration d'une rapidité effrayante ; ce dernier symptôme n'est probablement que la conséquence des deux autres ; il est, en effet, *précédé* par eux, tandis qu'il devrait être leur précurseur si l'accès était dû à un manque d'oxygène dans le sang : les prodromes visibles de l'accès sont musculaires et non respiratoires ; or, les deux autres symptômes entraînent nécessairement une consommation rapide et copieuse d'oxygène ; le sang devrait bientôt devenir *veineux* et l'animal devrait fatalement mourir d'*asphyxie* ou, pour le moins, devenir plus malade qu'il ne l'était auparavant ; mais il n'en est rien : le sang reste *parfaitement rutilant* jusqu'à la fin de l'accès, même dans les cas foudroyants, où le premier accès est d'une violence telle que l'animal meurt subitement, en pleine tétanie, avec une température rectale de 44° et 240 à 260 respirations par minute ; on ne voit de la cyanose que lorsque la maladie prend une marche lente et continue. Est-ce la respiration accélérée qui maintient le sang à l'état artériel ? On serait tenté de le croire, mais on est forcé de le nier si l'on admet que les hématies ont perdu la propriété de fixer l'oxygène. La forme aiguë et intermittente de la maladie, telle qu'elle se manifeste chez la plupart des chiens opérés, se laisse donc difficilement mettre d'accord avec la théorie anoxyhémique.

Quoi qu'il en soit, et c'est là ce qu'il y a d'important, la seule altération expérimentalement démontrée chez les chiens éthyroïdés, est celle qui vient d'être découverte par les deux savants

italiens, et qui consiste en une *diminution surprenante du contenu du sang en oxygène*. Dans les laboratoires montés *ad hoc* on pourrait peut-être pousser la recherche plus loin et contrôler la conclusion des auteurs, en soumettant pendant longtemps un certain nombre de chiens *normaux* à l'influence d'une atmosphère rendue de plus en plus pauvre en oxygène, et une série de chiens *éthyröïdés* à l'influence d'une atmosphère fortement oxygénée : les premiers devraient, à la longue, offrir des symptômes analogues à ceux des derniers, tandis que ceux-ci devraient se rétablir, au moins pour quelque temps, puisque la propriété de fixer l'oxygène n'est jamais et ne saurait être complètement abolie. L'amendement des accès, obtenu par M. Schiff au moyen d'une respiration artificielle très active, promet des résultats importants aux physiologistes qui disposent des moyens nécessaires pour faire des expériences de ce genre.

Il serait, en outre, urgent de compléter l'analyse des gaz du sang en déterminant aussi son contenu en acide carbonique et de répéter la détermination des deux gaz, *avant, pendant et après* les accès, chez les mêmes individus.

Tout cela jettera sans nul doute beaucoup de lumière sur la fonction de la thyroïde ; mais la variabilité extraordinaire de la gravité des symptômes produits par son absence et de l'époque de leur apparition chez les différents individus, n'aura rien perdu de son mystère, et cette remarque s'applique malheureusement à toutes les explications possibles et imaginables des effets de la thyroïdectomie : quelle que soit cette explication, on en sera toujours à se demander comment il se fait que les effets dont il s'agit manquent quelquefois totalement, sont d'autres fois littéralement foudroyants, et ne se manifestent en général que quelque temps après l'opération, après des intervalles très différents et avec des intermittences tout à fait irrégulières.

Il nous reste à mentionner les deux hypothèses explicatives de M. Schiff. Quelle que soit la cause de la maladie produite par l'absence de la thyroïde, c'est en tous cas une maladie *cérébrale*. Or, comment est-ce que la thyroïde, qui n'a aucun rapport direct avec le cerveau, pourrait agir sur cet organe ? Cela ne peut être que par l'intermédiaire du sang ; son absence produirait dans la masse sanguine une modification, qui à son tour produirait la maladie cérébrale. Mais *quelle* modification ? C'est là le mystère, et l'on est réduit à des conjectures plus ou moins justifiées par leur analogie avec l'influence que d'autres organes exercent les

uns sur les autres ou sur l'organisme tout entier, précisément en modifiant le sang qui les traverse, sans que la chimie biologique soit en état de constater en quoi et comment le sang est modifié.

Comme exemples bien avérés de cet ordre d'influences, je citerai : 1° Le fait que les substances peptogènes, qui favorisent à un si haut degré la production de la pepsine, toutes les fois que leur absorption se fait par la muqueuse de l'estomac ou du gros intestin, perdent complètement cette propriété lorsque, absorbées par la muqueuse de l'intestin grêle, elles sont forcées de traverser les glandes lymphatiques mésentériques ; — 2° Le fait que le sang acquiert la propriété de transformer rapidement le zymogène pancréatique en trypsine active, grâce à son passage à travers la rate, fortement congestionnée quelque temps après l'ingestion des aliments, — et que, en l'absence de la rate, ou même seulement lorsqu'elle n'est pas congestionnée, le sang ne possède point cette propriété ; — 3° enfin le fait que, si on empêche le sang qui revient des viscères abdominaux de se rendre par la veine porte dans le foie, et de traverser cet organe avant de se mélanger avec le reste de la masse sanguine, l'animal meurt en quelques heures, avec tous les symptômes d'un empoisonnement narcotique ; aux approches de la mort, le sang de cet animal peut provoquer des symptômes analogues chez de petits animaux auxquels on l'injecte ; ce qui montre que le foie détruit dans le sang portal qui le traverse une substance toxique inconnue, mais très efficace.

On peut donc, par rapport à la thyroïde songer aux possibilités suivantes : Ou bien elle détruit, à l'instar du foie, une substance toxique qui se produit constamment dans le sang et qui, n'étant plus détruite après la thyroïdectomie, s'accumulerait dans l'organisme et exercerait une action particulièrement nuisible à un des organes les plus importants et les plus délicats : au cerveau ; — ou bien elle joue vis-à-vis du cerveau un rôle analogue à celui de la rate vis-à-vis du pancréas, et doit élaborer dans le sang qui la traverse une substance, dont le cerveau a besoin pour que sa nutrition s'accomplisse d'une façon normale, et dont l'absence le plonge dans l'état pathologique fort singulier qui se manifeste après la thyroïdectomie.

Ces deux hypothèses ont en effet été émises par M. Schiff. On pourrait, sans doute, en concevoir d'autres, plus ou moins semblables ; il vaut peut-être mieux attendre que la voie qu'il a

ainsi indiquée, à grands traits, aux recherches ultérieures ait été mise à l'épreuve par tous nos moyens actuels d'investigation. Un nouveau pas dans cette direction vient d'être fait par M. Ewald, de Strasbourg : il extirpe la thyroïde d'un chien, la hache finement avec 3 c. c. d'eau, et injecte le liquide filtré dans le tissu cellulaire sous-cutané d'un autre chien, *normal* ; dans la plupart des cas, lorsque l'absorption du liquide injecté se fait vite et bien, il observe que l'animal entre bientôt, et se maintient pendant plusieurs heures, dans un état tout particulier, qui, d'après la description de M. Ewald, paraît être une espèce de *catalepsie* ; après quoi l'animal se rétablit complètement. L'injection d'un liquide obtenu de la même manière avec la quantité correspondante de différents autres tissus ne produit rien de semblable. M. Ewald ne mentionne pas une modification de son expérience, qui serait pourtant sûrement très intéressante, et qui consisterait à faire l'injection à des chiens en bonne santé, mais *éthyroïdés*.

J'ai répété l'expérience de M. Ewald quatre fois, et, bien que chez les trois animaux employés (deux normaux et un éthyroïdé depuis fort longtemps), l'absorption de l'extrait de thyroïde ait eu lieu, selon toute apparence, aussi rapidement et aussi parfaitement que possible, aucun d'eux n'a montré la moindre trace des phénomènes décrits par M. Ewald, ni aucun trouble quelconque.

Notice sur une Cochenille parasite des pommiers,

Le *Mytilaspis pomorum*, Bouché,par le Dr **Henri BLANC**, professeur à l'Académie.

Pl. IV.

L'année dernière, dans un article du Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, n° 93, intitulé: « Ce que devient le puceron lanigère pendant l'hiver, » je relatai le fait que le tronc et les branches des arbres infestés par le puceron étaient aussi couverts de petits corps en forme de becs d'oiseaux faisant saillie sur l'écorce. Chacune de ces saillies recouvrait à ce moment de l'année une quantité d'œufs, et je supposai tout d'abord que leur contenu pouvait peut-être faire partie du cycle du développement du puceron lanigère, cycle présentant alors plusieurs points obscurs. Dès les premières observations que j'eus l'occasion de faire au commencement du mois de mai 1886, je constatai qu'il n'existait aucune relation entre cet insecte et les œufs en question, car ils ne tardèrent pas à se transformer en petites larves, puis en *Mytilaspis pomorum* adultes.

Une première description de cette Cochenille nous est donnée par Bouché¹, qui la nomme *Aspidiotus pomorum*. Signoret² décrit encore le même insecte, mais il le nomme *Mytilaspis pomorum*, cet entomologiste ne classant dans le genre *Aspidiotus* que les espèces de cochenilles à bouclier plus ou moins arrondi et dans le genre *Mytilaspis* toutes les espèces à bouclier long et étroit.

Je me serais volontiers abstenu de refaire ici la description de ce parasite de nos pommiers, si je n'avais observé des faits nouveaux se rapportant à son organisation et à son genre de

¹ Entomologische Zeitung, XII, Stettin, 1851.

² Essai sur les Cochenilles ou Gallinsectes (Homoptères-Coccidès), 6^{me} partie. Annales de la Société entomologique de France, 4^{me} série, 10. 1870.

vie; je ne saurais parler de ces faits sans présenter cet insecte aux lecteurs du Bulletin.

Lorsque pendant les mois de juillet et d'août, on examine avec attention le tronc, les branches, les rameaux, voire même les pétioles des feuilles de pommiers qui ont souffert ou qui souffrent du puceron lanigère, on voit l'écorce ou l'épiderme présenter une quantité de saillies allongées qui sont généralement de couleur plus foncée que celle de l'écorce. A cette époque, ces saillies ou boucliers, qui ont aussi la forme d'une valve de la moule comestible, sont de deux dimensions : Les unes, les plus grandes, ont $3\frac{1}{2}^{\text{mm}}$ de longueur sur $1\frac{1}{4}^{\text{mm}}$ de largeur (fig. 1, *a*); les autres, les plus petites, n'ont que $1\frac{1}{2}^{\text{mm}}$ de long sur $\frac{1}{2}^{\text{mm}}$ de large (fig. 1, *b*). En détachant les petits boucliers, on remarque que chacun d'eux cache un corps blanchâtre sans mouvement, une Cochenille femelle adulte. La fig. 2 représente un pareil insecte; les yeux font défaut ainsi que les antennes, les pattes et les ailes; la segmentation du thorax a disparu, celle de l'abdomen est indistincte. Les bords externes des segments abdominaux sont lobés et garnis chacun de quatre épines (Signoret n'en compte que deux ou trois), le bord postérieur du segment anal en possède un grand nombre, il présente en outre de chaque côté de la ligne médiane deux petits lobes trifoliés.

Les téguments chitineux du *Mytilaspis pomorum*, comme ceux, du reste, de la plupart des Cochenilles, se prolongent à la face dorsale et ventrale de l'abdomen sous la forme de papilles peu élevées, perforées d'un court canal à orifice circulaire. Ces papilles sont dispersées à la face dorsale ici et là sans ordre, sur les côtés du corps; elles forment, au contraire, à la face ventrale du segment anal, quatre groupes symétriques (fig. 3, *a*, *b*, *a'*, *b'*). Les deux groupes antérieurs *a* et *a'* ou plaques supérieures sont souvent réunis entre eux par une plaque médiane impaire; les deux groupes postérieurs *b* et *b'* ou plaques inférieures sont toujours nettement séparés l'un de l'autre. Le nombre des papilles qui composent chacune de ces plaques est très variable; il varie non-seulement suivant les individus, mais d'une plaque à l'autre appartenant à la même paire. Je ne suis pas d'accord avec Signoret qui compte pour chaque plaque inférieure 14 papilles; pour chaque plaque du groupe antérieur, ainsi que pour la plaque médiane, 17 papilles.

Trois exemples suffiront, du reste, pour mettre en évidence cette variabilité :

	Plaques sup.	Plaques inf.	Plaque médiane.
Exemplaire A.			
Papilles :	19 et 22	17 et 15	15
Exemplaire B.			
Papilles :	16 et 10	11 et 12	17
Exemplaire C.			
Papilles :	24 et 20	15 et 14	15

Je m'empresse d'ajouter que les Cochenilles examinées étaient des femelles adultes, toutes de la même grosseur; l'âge ne peut donc être invoqué pour expliquer ces différences. On comprend aisément, du reste, que le nombre de ces papilles ne puisse être constant, attendu qu'elles correspondent à des glandes unicellulaires hypodermiques, dont la sécrétion filamenteuse durcie à l'air contribue, avec les téguments rejetés par les mues successives, à former une bonne partie des retraits sous lesquelles se cachent ces parasites.

Le nombre de ces organes glandulaires, que *Targioni-Tozzetti*¹ a le premier décrits sous le nom de filières et que *List*² a récemment nommés, en les étudiant de plus près, papilles chitineuses, n'a par conséquent pas pour la systématique la valeur que lui a attribuée Signoret en déterminant les espèces appartenant au genre *Mytilaspis*³. Le nombre de ces organes ne peut être considéré comme étant un caractère distinctif absolu, attendu que ce caractère est trop peu constant.

L'ensemble des parties buccales du *Mytilaspis pomorum* est un appareil compliqué; il se compose d'une armature chitineuse (fig. 2, *a, ph.*), pharyngienne, d'un rostre (*r.*), très court, conique, situé sur la ligne médiane assez en arrière de l'extrémité antérieure du corps, et de quatre soies très fines et très longues (*s.*¹⁻⁴). Comme ces diverses parties de l'appareil buccal du *M. pomorum* ne diffèrent guère de celles communes à d'autres Co-

¹ Studiî sulle cocciniglie, Memori della Societa italiana di Scienze naturali. T. III, n° 3. 1867.

² *Orthezia cataphracta*. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. B. 45. Heft I. 1886.

³ Voici ce que dit Signoret à ce propos, dans la 6^{me} partie de son mémoire : « Ce n'est guère que par le nombre d'ouvertures des filières des plaques agglomérées qu'on peut les définir, quoique ce nombre soit variable pour une même espèce. »

chenilles et que List les a dernièrement décrites avec beaucoup de soin, je n'en parlerai pas ici et me permettrai de renvoyer ceux de mes lecteurs que cela intéresserait au mémoire original publié par ce naturaliste.

La description sommaire qui vient d'être faite se rapporte donc aux *Mytilaspis* que l'on trouve cachés pendant les mois de juin et de juillet sous les petits boucliers. Tous sont des femelles adultes et leur abdomen est, à ce moment de l'année, gorgé d'œufs aux divers stades de développement. Quel est le sort de ces petits êtres? Pendant le mois d'août, on constate que les boucliers s'allongent peu à peu aux dépens des matériaux fournis par les filières, par les téguments mués; prend-on la peine de soulever un certain nombre de ces carapaces, on voit que chacune d'elles cache sous son extrémité rétrécie une Cochenille morte complètement ratatinée par la dessiccation, mais qui, avant de passer de vie à trépas, a assuré la propagation de l'espèce en pondant les uns après les autres une soixantaine d'œufs (fig. 4). Ceux-ci, très petits, sont ovoïdes, d'un blanc mat; le chorion est épais, ce qui rend très difficile l'étude du vitellus. Distrait par d'autres travaux, je n'ai pas suivi le mode de fractionnement de ces œufs ainsi que le développement des embryons; mais huit semaines après la ponte, les œufs s'étaient pour la plupart transformés en larves microscopiques jaunâtres que je trouvais autour des boucliers.

La fig. 5 représente une de ces petites larves grossie 145 fois. L'état larvaire diffère, comme on le voit, totalement de l'animal adulte. Ce petit être, de forme ovoïde très régulière, possède trois paires de pattes (*p*), une paire d'antennes (*a* et *a'*) formées de 7 articles, une paire d'ocelles faisant saillie sur les côtés de la tête un peu en arrière des antennes et un appareil buccal en tout semblable, sauf les quatre soies encore très courtes, à celui de la femelle adulte. Tandis que cette dernière a les bords des segments de l'abdomen lobés, les contours du corps de la larve sont parfaitement réguliers et la segmentation du thorax et de l'abdomen très distincte. Le bord postérieur du segment anal est garni de soies très courtes; deux soies plus longues que toutes les autres sont placées de chaque côté de la ligne médiane ventrale. Le bord antérieur du segment céphalique possède 3-4 soies.

Les larves du *Mytilaspis pomorum* se meuvent mais très lentement et pendant plusieurs jours on les voit massées autour du bouclier sous lequel elles sont écloses; puis elles vont pénible-

ment à la recherche d'une place convenable où elles pourront trouver une nourriture suffisante et construire leur retraite. En automne déjà, la transformation des larves en insectes parfaits est opérée. Ce sont tous des femelles et chacune d'elles, après avoir préalablement agrandi son bouclier, pond encore avant de mourir, c'est-à-dire à l'entrée de la mauvaise saison, une soixantaine d'œufs. Il est fort probable que l'insecte ne meurt pas par suite de l'apparition des premiers froids, mais plutôt à la suite de la ponte.

Les œufs pondus ainsi en hiver sont de la même grosseur que ceux pondus pendant l'été; ils sont blanchâtres et jamais je ne les ai vus d'un rouge un peu foncé, comme le décrit Signoret, p. 99, vol. 10, 1870. Protégés par un épais chorion, puis par les boucliers des femelles, ces œufs passent l'hiver exposés à tous les froids. Ce n'est qu'en avril et en mai qu'ils se développeront en larves tout à fait semblables à celle qui a été décrite plus haut, et ces larves seront en juillet ou en août transformées en femelles adultes prêtes à pondre. C'est cette dernière phase de la vie du *Mytilaspis pomorum* que Signoret a seule reconnue, car il ne dit absolument rien sur la vie de l'insecte pendant l'été.

Je n'ai pas parlé jusqu'ici de l'insecte mâle, et pour une bonne raison, c'est que, comme Signoret qui l'a également cherché, je ne suis pas encore parvenu à le découvrir; malgré cela je me garderai bien de nier complètement l'existence de ce sexe et espère encore le trouver un jour ¹.

Le genre de vie du *Mytilaspis pomorum* étant connu, on se demande tout naturellement si cet insecte est pour les pommiers un ennemi aussi redoutable que le puceron lanigère. Evidemment non, car les parties buccales de ce parasite sont trop faibles pour pouvoir causer des chancres ou des nodosités, comme le fait le puceron lanigère, et dévier ainsi la sève de son chemin,

¹ Le *Mytilaspis pomorum* n'est du reste pas la seule espèce de Cochenille dont le mâle soit inconnu; plusieurs espèces appartenant encore à ce genre et aux genres *Diaspis*, *Lecanium* sont aussi dans ce cas. Il est plus que probable que les individus mâles ont échappé aux investigations des observateurs, grâce à un dimorphisme sexuel très prononcé ou au fait qu'ils n'apparaissent peut-être qu'à certaines époques de l'année et en petit nombre. Dans ce cas, les femelles pourraient donner naissance à une ou à des générations parthénogénétiques, fait déjà connu pour quelques représentants de la famille des Coccidés.

en empêchant ce liquide de circuler jusqu'aux extrémités des branches. Mais si la Cochenille du pommier n'a pas cette action directement malfaisante, cet insecte est à craindre, parce qu'il contribue à anéantir plus rapidement l'arbre qui souffre du puceron lanigère; il suce avec son congénère parasite la même sève, il boit à la même coupe que lui.

La Cochenille du pommier est un ennemi qui doit être aussi vigoureusement combattu que le puceron, car, son mode de reproduction lui permettant une propagation rapide, elle peut à elle seule et en quelques années venir à bout d'un arbre parfaitement sain. Un petit calcul démontre avec évidence cette propagation exubérante. Prenons, par exemple, comme point de départ, un bouclier quelconque, X, abritant, en hiver 1887, 60 œufs; au commencement de l'été, ces œufs seront transformés en 60 femelles adultes. Chacune de ces femelles pondra dans la même saison 60 œufs, ensorte qu'à l'entrée de l'hiver nous obtenons 3600 femelles adultes. Mais celles-ci ne meurent qu'après avoir pondu préalablement une soixantaine d'œufs chacune; ces œufs, nous le savons, écloreont au printemps, ensorte qu'au mois d'avril ou mai 1888, le nombre des descendants du bouclier X sera de 216,000, chiffre fort respectable.

D'après les observations faites par Signoret, le *Mytilaspis pomorum* doit se trouver parfois sur le poirier en compagnie d'une autre espèce de Cochenille, le *Diaspis ostræiformis*, dont le bouclier a la forme d'une coquille d'huître. Signoret signale cette espèce de *Diaspis* comme étant un véritable fléau; il a vu périr plusieurs arbres qui étaient envahis par ce parasite.

Si la Cochenille du pommier est donc un insecte nuisible pour nos vergers et nos espaliers, quels sont les moyens que l'on pourra employer pour s'en débarrasser et arrêter sa propagation? Les expériences que j'ai faites sur des boucliers d'hiver contenant des œufs, me permettent de conclure que la knodaline, le sapocarbol, la vieille huile, liquides qui sont tous employés pour détruire le puceron lanigère, sont en tout cas parfaitement inoffensifs pour les œufs du *Mytilaspis pomorum*; le sont-ils aussi pour les larves qui en naissent au mois de mai? Il est clair que non, attendu que ces petits êtres ne sont pas encore protégés à cette époque par un bouclier; ils seront incommodés très rapidement par ces liquides, puisqu'ils ne possèdent pas même le revêtement circux du puceron lanigère. Comme pour ce parasite, l'époque de l'année qui sera la plus propice pour faire la guerre

à la Cochenille des pommiers sera donc le printemps, pendant les mois d'avril et mai. Les armes que je conseille seront, à cette saison, les mêmes que celles employées contre le puceron lanigère, c'est-à-dire le badigeonnage du tronc, des branches avec de la vieille huile, de la knodaline ou du sapocarbol. L'agriculteur prévoyant, consciencieux et persévérant, pourra donc sans nouvelles peines se débarrasser ou se tenir à l'abri de la Cochenille du pommier.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

FIG. 1. Fragment d'une branche de pommier couverte de boucliers des deux dimensions *a* et *b*.

FIG. 2. *Mytilaspis pomorum*, femelle adulte, vue par la face ventrale. Grossis. 70 fois.

- a. ph.* Armature chitineuse pharyngienne.
- r.* Rostrum.
- s*¹⁻⁴. Les 4 soies.

FIG. 3. Segment anal d'un *Mytilaspis pomorum* ♀ adulte. Grossis. 300 fois.

- a* et *a'*. Plaques filières antérieures.
- b* et *b'*. Plaques filières postérieures.
- c.* Plaque filière médiane.

FIG. 4. Un grand bouclier détaché, vu par sa face ventrale. Grossis. 17 fois.

- o.* Les nombreux œufs.

FIG. 5. Larve d'un *Mytilaspis pomorum*, vue par sa face ventrale. Grossis. 145 fois.

- a* et *a'*. Antennes.
 - p.* Pattes.
 - o.* Ocelles.
-

Fig. 4



Fig. 1



Fig. 5



Fig. 2

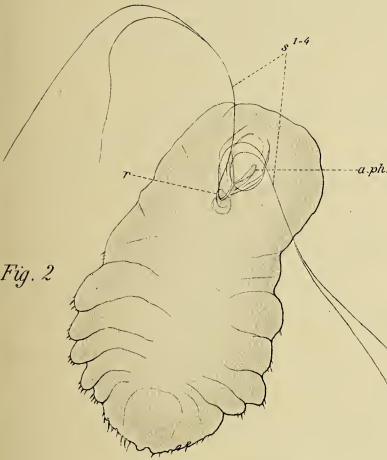
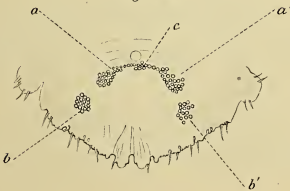


Fig. 3



LE RAVIN SOUS-LACUSTRE DU RHONE DANS LE LAC LÉMAN

par M. F.-A. FOREL, de Morges.

Le bureau topographique fédéral a fait lever, dans les dernières années, les cartes hydrographiques du lac de Constance (1883), du lac des IV Cantons (1884) et du lac Léman, partie du Haut-lac (1885), à l'échelle de 1 : 25000, pour les faire entrer dans l'Atlas des minutes de la carte fédérale, dit Atlas Siegfried. M. le colonel J.-J. Lochmann, chef de ce bureau, a confié le travail de ces cartes à M. J. Hörnlimann. Les sondages très attentifs et très consciencieux de cet ingénieur ont révélé un fait curieux et fort intéressant, jusqu'alors absolument ignoré de la géographie physique.

Les grands fleuves alpins, le Rhin et le Rhône, à leur entrée dans le lac, continuent leur cours dans de vastes ravins sous-lacustres, creusés dans le cône d'alluvion submergé, ravins qui se poursuivent fort loin de l'embouchure, à plusieurs kilomètres, et jusqu'à de grandes profondeurs dans le lac, à plus de cent mètres sous la surface des eaux.

La feuille 78 de l'Atlas Siegfried, déjà publiée, et la feuille 81, non encore parue, montrent le fait à l'embouchure du Rhin, dans le lac de Constance; la feuille 466, actuellement en préparation, le fera voir pour l'entrée du Rhône dans le lac Léman.

M. l'ingénieur en chef Ad. de Salis, inspecteur des travaux de la Confédération, a décrit le phénomène à l'embouchure du Rhin et l'a reproduit dans une carte à 1 : 25000¹. Je l'ai moi-même décrit en 1885, en étudiant l'embouchure du Rhône².

Voici d'abord les faits brièvement résumés.

Le ravin sous-lacustre du Rhin est connu sur 4 kilom. de longueur et jusqu'à 140 m. sous la nappe des eaux; dans son profil

¹ Ad. v. SALIS. Hydrotechnische Notizen, II, Die Tiefenmessungen im Bodensee. *Schweiz. Bau-Zeitung*, 31 mai 1884, p. 127.

² F.-A. FOREL. *Les ravins sous-lacustres des fleuves glaciaires*. Comptes-rendus Acad. sc. Paris, CI, 725, 1885.

de plus grand développement, il mesure 600 m. de largeur et 70 m. de profondeur.

Le ravin sous-lacustre du Rhône a été suivi jusqu'à plus de 6 kilom. de l'embouchure du fleuve; sa largeur varie de 500 à 800 m.; la profondeur de la tranchée, qui atteint 50 m. à 800 m. du rivage, est encore de 10 m. au-delà de St-Gingolph, par 230 m. de fond.

Le ravin est constitué par un sillon creusé dans le talus général du cône d'alluvion sous-lacustre, ou plutôt par deux digues latérales faisant saillie de chaque côté de la tranchée; le talus interne de ces digues, celui qui regarde le ravin, est beaucoup plus incliné que le talus externe, qui rejoint en pente douce la surface générale du cône d'alluvion; entre les digues, le fond du ravin est à peu près au niveau de cette surface du cône d'alluvion, dans le cas du Rhône; il est sensiblement plus profond, dans le cas du Rhin.

Le ravin n'est point rectiligne; il est plusieurs fois contourné en courbes adoucies, alternant de direction; dans le Léman, il est à peu près parallèle à la ligne du rivage, qu'il suit presque exactement à deux kilomètres en avant de la rive, du Bouveret à St-Gingolph et au Leucon.

Des ravins analogues, quoique moins profonds, sont visibles à l'embouchure d'anciens lits des fleuves, devant le village d'Altenrhein, au lac de Constance, et devant le canal qui porte le nom de Vieux-Rhône, au lac Léman; on pourrait encore en retrouver des indices dans deux autres ravins très effacés, creusés dans le talus du lac, entre le Vieux-Rhône et Villeneuve.

Ces ravins sous-lacustres, si bien indiqués dans les deux cas que je viens de décrire, n'ont pas encore été retrouvés ailleurs. En particulier, à l'embouchure de la Reuss, dans le lac des IV Cantons, M. Hörnlimann, qui avait découvert le phénomène l'année précédente dans le lac de Constance, l'a recherché attentivement dans les sondages qu'il fit en 1884 pour l'établissement de la carte hydrographique; il n'en a pas trouvé trace. Je ne parle pas de l'embouchure de l'Aar dans le lac de Brienz; quand, en 1866, MM. W. Jacky et F. Lindt ont levé la carte hydrographique de ce lac, le fait n'était pas encore connu, et il peut avoir échappé à l'attention d'observateurs non prévenus.

Des ravins analogues à ceux qui nous occupent ont été signalés dans l'Océan, devant les embouchures actuelles ou d'anciennes embouchures de fleuves. Ils ont même des proportions

bien plus considérables que ceux de nos fleuves alpins. D'après la description de M. J.-Y. Buchanan ¹, d'Edimbourg, qui a étudié ceux de la côte occidentale d'Afrique dans l'expédition du *Buccaneer*, le grand cañon sous-marin du Congo se prolonge jusqu'à près de 200 kilom. en mer; sa tranchée, qui mesure jusqu'à 11 kilom. de large, a une profondeur au-dessous de ses berges atteignant près de 1000 m. La *fosse du petit Bassam*, appelée aussi « Bottomless Pit », sur la côte d'Ivoire, probablement devant une ancienne embouchure de l'Akba, a des profondeurs de plus de 400 m., une largeur de 7 kilom. et une longueur de 20 km. environ. Un autre de ces ravins sous-marins, connu sous le nom de *Fosse de l'Avon*, à l'est de Lagos, au fond du golfe de Bénin, est moins évidemment développé. Sur les côtes de France, la *fosse du Cap Breton*, située devant une ancienne embouchure de l'Adour, représente un ravin de plus de 250 m. de creux et de 1 à 2 km. de largeur sur 10 km. environ de longueur. Je ne donne pas ici la description de ces *fosses* sous-marines; je ne veux pas en discuter la théorie, ignorant trop les conditions physiques qui pourraient les expliquer. Leur théorie ² est évidemment fort différente de celle des ravins sous-lacustres qui nous occupent.

Quelle est la cause, l'origine, des ravins sous-lacustres du Rhin et du Rhône? Est-ce un fait d'érosion, creusement de la rigole? est-ce un fait d'alluvion, dépôt d'alluvion sur les digues latérales? est-ce un fait d'orographie primitive apparaissant encore aujourd'hui sous l'alluvion envahissante des fleuves?

J'étudierai ces trois solutions, en me basant sur les faits du lac Léman qui me sont les mieux connus.

¹ J.-Y. BUCHANAN. On the land slopes, separating continents and ocean basins, etc. The scottish Geograph. Magazine, May 1867.

² La théorie de M. Buchanan (loc. cit.) me paraît la plus plausible de celles qui ont été proposées; il admet, pour expliquer la fosse du Congo, que, sous le courant fluvial qui se continue à la surface de la mer, il règne un contre-courant marin profond qui s'oppose au dépôt de l'alluvion. Ce dépôt ne peut avoir lieu que sur les côtés du courant principal, et le ravin sous-marin reste ainsi protégé. Ce serait donc un fait d'alluvion latérale, et de non alluvion ou d'alluvion presque nulle sur l'axe du courant.

M. Enrico Stassano (la fosse del Congo, Rendic. delle R. Accademia dei Lincei, 6 giugno 1886) voit dans le ravin sous-marin du Congo un ancien lit de fleuve à l'air libre submergé dans un affaissement du continent africain.

Ecartons tout d'abord la dernière de ces hypothèses, en la formulant dans des termes plus précis. On pourrait supposer que, lors de la formation originale du lac Léman, du lac de Constance, une fissure profonde des couches terrestres aurait dessiné un *thalweg* au fond de la grande vallée qui a été remplie par les eaux; que l'alluvion déposée par le fleuve, en adoucissant les reliefs du fond primitif, ne serait pas encore arrivée à les niveler entièrement; que le ravin, trouvé par Hörnlimann, serait l'indice encore subsistant de la fissure primordiale. Cette hypothèse est insoutenable. L'alluvion est trop puissante dans ces régions, à l'embouchure d'un puissant fleuve alpin qui charrie une masse énorme de limon glaciaire, pour ne pas avoir dès longtemps effacé tous les détails du relief primitif du lac; je n'en veux pour preuve que la régularité admirable de cet immense talus, à pente de 1 %, qui s'étend des bouches du Rhône jusqu'à la grande plaine de profondeur maximale, entre Ouchy et Evian. Le seul accident de ce cône d'alluvion submergé est le ravin qui nous occupe; si le relief primitif du lac apparaissait encore sous le revêtement de l'alluvion moderne, nous y verrions bien d'autres irrégularités.

Un argument puissant contre l'idée que je combats est la position de la section de plus grand développement des ravins sous-lacustres. C'est tout près de l'embouchure du fleuve que se trouve le maximum de creusement du ravin, le maximum de surélévation de ses digues. Or c'est précisément là que les phénomènes d'alluvion sont les plus actifs; puis, à mesure que l'on s'éloigne des bouches du fleuve, là où l'action des courants et de l'alluvion doit aller en diminuant, on voit le ravin diminuer de relief. L'hypothèse d'une fissure primitive conservée sous le revêtement de l'alluvion moderne demanderait au contraire le comblement complet du ravin, là où l'alluvion est la plus active, et son apparition toujours plus évidente, là où les phénomènes de transport vont en décroissant.

Enfin, un dernier argument décisif contre cette hypothèse, c'est la similitude presque complète des faits dans les deux exemples de ravins sous-lacustres que nous connaissons, celui du Rhône et celui du Rhin. Cette similitude exclut la possibilité d'accidents locaux qui seraient presque nécessairement différents d'un cas à l'autre; elle indique une action générale analogue, identique, évidemment encore agissante. Elle suffit à

écarter l'hypothèse de la nature orographique primitive des ravins sous-lacustres qui nous occupent.

C'est donc à des actions modernes, actuelles, que nous devons attribuer l'établissement de la rigole. Quels sont les faits qui peuvent intervenir ? Action d'érosion ? action d'alluvion ?

Je reproduis ici, en traduction libre, l'explication qu'a donnée M. Ad. de Salis : « Les faits semblent montrer que d'abord un cône d'alluvion s'est formé sous l'eau, puis que sur ses flancs un ravin s'est creusé, analogue à ceux que les torrents dessinent sur leur cône de déjection à l'air libre. Est-ce bien exact ? Le Rhin a-t-il commencé par établir dans le lac cet immense cône d'alluvion de 6 à 7 km. de long ? Le Rhin a-t-il ensuite creusé cette énorme rigole de 70 m. de profondeur, de 80 m. de largeur à sa base ? Il semble qu'à ces deux questions il doit être donné des réponses affirmatives, quelque fortes que puissent être les objections qui s'élèvent immédiatement. Ensuite on peut se demander si réellement l'eau et les alluvions du Rhin s'écoulent dans la profondeur, dans ce thalweg sous-lacustre. Si cela n'était pas, il est évident que le ravin aurait été comblé depuis longtemps par les alluvions puissantes du fleuve. Il est, du reste, un phénomène souvent observé et décrit à l'embouchure du Rhin et du Rhône : le courant du fleuve entre dans le lac et s'arrête brusquement suivant une ligne franchement accusée contre laquelle viennent battre les vagues du lac ; il y a limite tranchée entre les eaux troubles du fleuve et les eaux claires du lac. On peut expliquer ce phénomène, connu sous le nom de *Brech* au lac de Constance, de *Bataillière* au lac Léman, en constatant que l'eau du fleuve s'enfonce dans la profondeur, et l'on peut attribuer cette chute à la différence de température des deux eaux. »

Dans ma communication préliminaire sur ce sujet, j'ai proposé l'interprétation suivante, basée sur les faits alors connus. J'ai admis que, pendant l'été, le courant du Rhône, alourdi par sa température froide et par la charge d'alluvion, descendrait le long des talus du lac jusqu'à la profondeur de 30-60 m., puis qu'il s'étalerait en nappe horizontale entre deux eaux, dans la couche correspondant à sa densité ; que pendant l'été il pourrait par conséquent creuser par érosion la partie supérieure du ravin sous-lacustre, mais que pour la partie profonde de ce ravin il la recouvrirait, comme tout le reste du cône submergé, par la

pluie fine et uniforme de son alluvion. J'ai admis ensuite que, au printemps et en hiver, l'eau du fleuve, se rapprochant du maximum de densité (à 4° C.), arriverait à être plus lourde que les eaux, même les plus profondes, du lac; que dans cette saison, par conséquent, le fleuve devrait prolonger son courant en suivant la ligne de plus grande pente du talus, et contenu entre les digues latérales préexistantes, former un courant descendant jusqu'aux plus grands fonds du lac; que ce courant limité et endigué pourrait éroder l'argile lacustre, très légère, de dépôt récent, et approfondir le ravin préexistant. De cette manière, je croyais à une action d'érosion pendant toute l'année dans les parties supérieures du ravin, là où il est à son maximum de relief; je croyais à une action d'érosion temporaire, limitée à quelques semaines ou à quelques jours peut-être pendant l'hiver, conservant et rétablissant chaque année le ravin jusque dans les plus grands fonds du lac.

Cette théorie provisoire était un peu compliquée. Elle réclamait une vérification complète des faits qui étaient insuffisamment connus. Cette vérification des faits, je puis la fournir actuellement; elle nous amènera à une compréhension plus simple et plus juste du phénomène.

J'ai à étudier les allures du fleuve à son entrée dans le lac. Ces allures dépendent des facteurs suivants :

- 1° La masse d'eau transportée par le fleuve ;
- 2° La température relative des eaux du fleuve et du lac ;
- 3° La quantité de matières dissoutes par les eaux fluviales et lacustres ;
- 4° La quantité d'alluvion en suspension dans les eaux fluviales.

Je prendrai successivement ces divers facteurs :

I. *Débit du Rhône*. Je dois à l'obligeance de M. A. Bürkli-Ziegler, ingénieur en chef, à Zurich, des tracés graphiques donnant le débit des eaux en fonction de la hauteur du fleuve mesurée au pont de Chessel (Porte du Scex), observations de 1879-1884, et au pont de Collombey, observations de 1874-1877¹. J'en

¹ Les observations fluviométriques qui servent de base au calcul, sont celles des gendarmes valaisans, publiées dans les Observations hydrographiques suisses.

ai profité pour calculer le débit du fleuve dans les années 1879 et 1886. J'en donne les valeurs mensuelles, en mètres cubes à la seconde, moyennes entre les deux chiffres obtenus dans les deux séries d'observations ¹.

	1879.	1886.
Janvier	62	47
Février	60	42
Mars	62	57
Avril	77	79
Mai	110	132
Juin	442	199
Juillet	466	362
Août	533	282
Septembre	337	227
Octobre	123	123
Novembre	78	84
Décembre	56	48

Ces chiffres qui se résument en un débit moyen annuel de 200 m³ à la seconde pour 1879, et de 142 m³ pour 1886, montrent les allures du Rhône aux diverses saisons. Les eaux sont beaucoup plus abondantes en été par suite de la grande fonte des neiges, des neiges basses d'abord, des neiges éternelles et des glaciers ensuite ; en hiver, au contraire, le fleuve est réduit à un débit très minime.

¹ La justesse suffisante des calculs de l'année 1879 est prouvée par la concordance à peu près exacte des moyennes des deux séries d'observations du débit annuel, 200 m³ observations de Collombey, 190 m³ observations de la Porte du Scex. Mais il faut tenir compte du fait que dans l'année 1879, le débit du Rhône a été extraordinairement élevé. Je puis en juger par les hauteurs d'eau du lac Léman qui dans cette année ont été :

Pour les moyennes de . . .	427 ^{mm}	au-dessus	de la normale.
Pour le maximum	504	»	»
Pour le minimum	493	»	»

(Voir F.-A. Forel, Contributions à la limnimétrie du lac Léman, série V. Bull. S. V. S. N. XVII, tableau XXI, p. 311, 1881).

Pour l'année 1886, qui a été beaucoup plus près d'une année normale, les débits du Rhône sont moins sûrs ; ils datent d'une année assez éloignée de l'époque où les jaugeages ont été exécutés, et la concordance entre les deux séries est bien moins satisfaisante. Moyenne du débit annuel, 127 m³ d'après les observations de Collombey, 158 m³ d'après celles de la Porte du Scex.

II. *Température du Rhône.* Les données que nous possédions sur ce sujet étaient tout à fait insuffisantes : quelques observations isolées ne pouvaient nous apprendre les allures de la température de notre grand fleuve alpin. Je me suis donc mis en position de faire observer pendant une année entière la chaleur des eaux du Rhône.

J'ai reçu du Département militaire vaudois l'autorisation de demander l'aide des gendarmes en station au Pont de St-Maurice. L'appointé Bourgeois et le gendarme Bettemps ont mis la meilleure volonté à répéter chaque jour, à midi, une mesure de la température du Rhône. Le tableau qu'ils m'ont fourni offre très peu d'observations donnant prise à la critique. J'en ai tiré pour l'année 1886 les moyennes mensuelles suivantes :

Janvier . . .	1.6°C.	Juillet . . .	9.7°C.
Février . . .	2.3	Août . . .	9.7
Mars . . .	5.0	Septembre .	9.3
Avril . . .	9.3	Octobre . .	8.4
Mai . . .	10.5	Novembre .	4.8
Juin . . .	10.5	Décembre .	2.1

D'où je tire les moyennes de saisons :

Hiver ¹	2°0
Printemps	8°3
Été	10°0
Automne	7°5

Ou en les groupant mieux :

Saison froide, de novembre à mars . . .	3°2
Saison chaude, d'avril à octobre . . .	9°6
Moyenne de l'année	6°9
Maximum, le 21 mai	12°7
Minimum, quand le Rhône charriait . . .	0°

Jusqu'au 17 mars, la température est restée inférieure à 5° C. Elle s'est élevée au-dessus de ce chiffre du 18 mars au 19 novembre, soit pendant huit mois entiers ; dans les dernières semaines de l'année, elle est redescendue au-dessous de 5°.

Pour apprécier l'amplitude de la variation diurne, j'ai fait faire encore quelques mesures le matin et le soir ; l'amplitude, assez variable d'un mois à l'autre, s'est élevée jusqu'à 4° ; en général, elle est restée inférieure à 2°.

¹ Hiver météorologique : Décembre, janvier, février.

III. *Température du lac Léman.* On connaît les allures de la température du lac.

En automne et en hiver, le refroidissement des couches supérieures et les courants de convection qui en résultent amènent l'uniformisation de la température dans des couches de plus en plus épaisses, tellement qu'à la fin de l'hiver la température est la même dès la surface jusqu'aux plus grands fonds. Au premier printemps de 1886, la température du Léman était 5.0° C.

Au printemps et en été le lac se réchauffe par sa surface supérieure et se stratifie en couches d'autant plus chaudes qu'elles sont plus élevées. Sans entrer dans le détail de cette stratification thermique que j'ai étudiée ailleurs¹, je donnerai ici un seul sondage thermométrique, fait au milieu du lac, devant Ouchy, le 25 juin 1886; il montrera la température du lac Léman, au milieu de l'été qui nous intéresse :

0 m. . . .	17.5°	140 m. . . .	5.4°
10	14.8	160	5.3
20	12.6	180	5.3
30	9.2	200	5.2
40	8.0	220	5.1
60	6.4	240	5.0
80	6.1	260	5.0
100	5.5	300	5.0
120	5.5		

Quant aux variations mensuelles de la température superficielle de l'eau dans le Grand-Lac, je les déduirai des observations de Genève, en apportant à celles-ci la correction provisoire que j'ai tirée de la comparaison entre mes observations de température pélagique dans le Grand-Lac, et les lectures simultanées faites dans le port de Genève. Voici ces moyennes mensuelles (approximatives) de l'année 1886 :

Janvier	6.1°	Juillet	19.6°
Février	5.0	Août	18.9
Mars	5.5	Septembre . .	20.2
Avril	8.1	Octobre . . .	14.0
Mai	11.0	Novembre . .	10.9
Juin	15.2	Décembre . .	8.0

¹ F.-A. FOREL. Températures lacustres, I. Arch. de Genève, III, 501 sq. 1880. — Faune profonde des lacs suisses, p. 15. Bâle et Genève, 1885.
— Le lac Léman, précis de géogr. phys., p. 31. Genève, 1886.

IV. *La température du Rhône en 1886 comparée à celle du lac Léman.* De ces différentes séries d'observations, il résulte que, dans l'année 1886 :

a) Pendant l'hiver, jusqu'au 18 mars, le Rhône du Valais a été plus froid que le lac à sa surface et dans les grands fonds.

b) Pendant le printemps, de la fin de mars à la fin de juin, pendant la fonte des neiges basses, alors que le lac se réchauffait par sa surface, le Rhône était tantôt plus chaud, tantôt plus froid que les eaux de surface du lac ; mais il était toujours plus chaud que les eaux profondes.

c) Pendant tout l'été et une partie de l'automne, jusqu'à mi-novembre, le Rhône a été constamment plus froid que les eaux de surface du lac, et plus chaud que les eaux profondes. On trouvait dans le lac la température de 9° à 12° qui correspondait à celles des eaux du Rhône, à une profondeur de 20 à 30 m. sous la surface.

d) Dans la fin de l'année les rapports de température ont repris les allures de l'hiver ; le Rhône était plus froid que le lac.

Je donnerai les chiffres qui montrent les rapports de la température du Rhône avec les eaux de surface du lac ; je ferai la différence entre la température moyenne mensuelle des deux eaux, les chiffres positifs étant appliqués aux cas où le lac est plus chaud que le Rhône.

Janvier . . .	+ 4.5°	Juillet . . .	+ 9.9°
Février . . .	+ 2.7	Août	+ 9.2
Mars	+ 0.5	Septembre . .	+ 10.9
Avril	— 1.2	Octobre . . .	+ 5.6
Mai	+ 0.5	Novembre . . .	+ 6.1
Juin	+ 4.7	Décembre . . .	+ 5.9
Année + 4.9°.			

Autrement dit, le Rhône est, sauf quelques journées du printemps, toujours plus froid que la surface du lac ; pendant la saison chaude il est plus chaud, pendant les mois d'hiver il est plus froid que l'eau profonde.

Si, partant de ces données sur la température relative des deux eaux en présence, on y introduit la notion du maximum de densité de l'eau douce, à 4° C., on peut déduire les densités relatives des eaux du Rhône et du lac. Par le fait de leur température, et en admettant pour un moment que la température déterminerait à elle seule les densités relatives :

1° Pendant l'hiver les eaux du Rhône seraient plus légères que les eaux du lac et s'étaleraient à sa surface.

2° Pendant l'été elles seraient plus lourdes que les eaux de surface du lac, plus légères que les eaux profondes, et s'étaleraient en nappe horizontale, entre deux eaux, à la profondeur de 10, 20, 30 ou 40 mètres.

— Mais les eaux du Rhône et celles du lac ne sont pas de l'eau pure. Elles contiennent les unes et les autres des matières en solution et des matières en suspension, en proportions différentes, qui doivent entrer en ligne de compte dans une question de densité relative. Etudions-les successivement.

V. *Matières en solution et en suspension dans l'eau du lac Léman*. L'eau du lac contient en dissolution une quantité invariable de sels divers, que des analyses nombreuses nous ont appris être de 174 milligrammes par litre ¹.

J'ai calculé, d'après la proportion et la nature de ces substances, que la densité du résidu fixe est de 2.4.

Quant aux matières en suspension dans l'eau du lac, elles varient beaucoup en nature et en quantité. Lorsqu'un torrent débordé a versé ses eaux bourbeuses dans le lac, celui-ci en est sali, et les eaux, normalement d'un bleu presque pur, prennent une teinte verdâtre caractéristique; pendant quelques jours elles portent en suspension de l'alluvion minérale, qui ne tarde du reste pas à se déposer sur le fond. Ce n'est qu'un accident local et temporaire; à l'état normal l'eau du lac, comme toute eau dormante, ne contient pas de matières lourdes en suspension.

En revanche, elle renferme en abondance des poussières organiques, micro-organismes vivants ou débris d'animaux et végétaux morts, qui lui donnent la teinte opaline des eaux d'été. L'étude de la transparence du lac ² nous a montré les variations dans la quantité de ces matières et leur beaucoup plus grande abondance en été qu'en hiver. Mais ces poussières organiques flottent dans l'eau sans s'élever, sans s'abaisser notablement; elles ont à peu de chose près la densité de l'eau. Elles ne peuvent donc pas modifier sensiblement la densité de l'eau du lac. Laissons-les de côté, sans nous en occuper autrement.

¹ Voir Faune profonde, loc. cit., p. 37.

² F.-A. FOREL. Etude sur les variations de la transparence des eaux du lac Léman. Arch. de Genève, LIX, 137. 1877.

VI. *Matières en solution et en suspension dans les eaux du Rhône.* Nous ne possédions aucune notion sur la composition des eaux du Rhône du Valais; j'ai dû chercher à m'en procurer.

M. le chanoine Besse, professeur de physique au collège de l'Abbaye de St-Maurice, a eu l'obligeance de prendre pendant l'année 1886, dans des conditions variables, 15 échantillons d'eau puisés directement dans le fleuve. Ces échantillons ont été étudiés par M. B. Buenzod, pharmacien à Morges, qui en a déterminé, par filtration, la teneur en alluvion suspendue, par évaporation à siccité, la teneur en sels dissous.

Je donne dans le tableau suivant les résultats des analyses de M. Buenzod, exprimés en grammes par litre, et je mets en regard de ces chiffres, d'une part la température du fleuve telle qu'elle a été mesurée par les gendarmes du poste vaudois de St-Maurice, d'une autre part le débit approximatif du fleuve, en mètres cubes à la seconde, calculé comme nous l'avons dit plus haut, d'après la hauteur des eaux aux échelles du pont de Collombey et de la Porte du Scex.

N°	Date.	Débit du fleuve.	Température de l'eau.	Matières dissoutes.	Matières suspendues.
I	11 janvier	48 ^{m³}	0.0°	0.23 gr.	0.065 gr.
II	21 février	40	2.7	0.23	0.08
III	17 mars	42	4.2	0.25	0.039
IV	22 »	62	7.2	0.25	0.29
V	2 avril	80	9.7	0.28	0.33
VI	27 »	87	11.5	0.23	0.85
VII	12 mai	102	12.2	0.25	1.20
VIII	21 »	195	12.7	0.25	1.85
IX	7 juin	257	9.7	0.23	1.52
X	6 juillet	365	10.7	0.24	2.25
XI	30 »	298	9.7	0.19	0.89
XII	21 août	210	10.2	0.19	0.23
XIII	29 septembre	119	10.2	0.18	0.40
XIV	21 octobre	114	7.7	0.185	1.05
XV	26 novembre.	74	1.7	0.192	0.15

Divers faits intéressants apparaissent de suite dans ces séries de chiffres :

a) Les matières dissoutes sont en quantités peu variables, oscillant autour de 24 centigrammes par litre de résidu sec dans la première moitié de l'année, oscillant autour de 19 centigrammes dans la deuxième moitié.

b) Cette teneur en sels dissous est notablement supérieure à celle des eaux du lac, que nous avons vue de 17 centig. par litre. Donc une partie des sels dissous dans l'eau du Rhône se précipite, par un procédé quelconque, dans le lac.

c) La teneur en alluvion suspendue varie considérablement : en hiver elle est à peu près nulle et les eaux du fleuve, d'un bleu à peine teinté de vert, sont presque limpides ; elle s'élève dès le premier printemps, lors de la fonte des neiges basses, pour arriver à un maximum en été où elle dépasse 2 gr. par litre. Les eaux sont alors d'un gris jaunâtre et presque absolument opaques ; elles forment un écran impénétrable à l'œil sous quelques centimètres d'épaisseur. En automne, les eaux redevennent limpides et perdent leur charge d'alluvion.

d) La teneur d'alluvion en suspension croît à peu près régulièrement, en fonction directe de la hauteur des eaux du fleuve et de son débit¹.

— Etant données ces notions sur la teneur différente et variable en matières, soit dissoutes, soit suspendues dans l'eau, pouvons-nous en déduire la densité relative des eaux du Rhône et du lac ? La question mérite d'être étudiée de près.

VII. *Densité relative d'eaux contenant des sels dissous.* De l'eau contenant une matière dissoute est plus ou moins dense que l'eau pure ; un sirop de sucre est plus lourd que l'eau, une solution alcoolique est plus légère.

La différence de densité est proportionnelle à la quantité de matières dissoutes, si les solutions sont de même nature ; pour deux solutions de nature différente la densité doit être proportionnelle aux densités relatives des matières dissoutes. Me basant sur ces propositions qui semblent évidentes, je comptais calculer la densité relative des deux eaux qui nous intéressent, en admettant que leur densité serait égale à celle de l'eau pure, plus le poids de la matière en solution, moins le volume de l'eau déplacée par cette matière.

¹ Une étude complète de la composition chimique de l'eau du Rhône, et de ses variations, serait du plus grand intérêt, et je ne saurais trop la recommander aux riverains de ce cours d'eau. Si l'on veut se rendre compte de la foule de faits curieux et importants que l'on peut tirer d'une telle recherche, que l'on consulte la remarquable étude sur les eaux de la Meuse, publiée en 1884 par MM. W. Spring et E. Prost, à Liège (Annales de la Soc. géol. de Belgique, XI, 123. 1884).

Un tel calcul est-il légitime? Incontestablement oui, si l'on peut déterminer dans chaque cas le volume d'eau déplacée dans l'acte de la solution, l'augmentation de volume de l'eau dans laquelle on fait dissoudre le sel.

Mais cette augmentation de volume diffère pour les divers sels. C'est ce que mon collègue, M. le professeur E. Chuard, de Lausanne, répondant à mes questions, a élucidé par l'exposé suivant :

« Il n'est pas possible de déduire, de la connaissance du poids et de la densité du résidu fixe de l'eau, la densité de la solution préexistante.

» J'ai pris, par exemple, du chlorure de potassium dont la densité est très approximativement 2 (en réalité 1.996); j'ai préparé deux solutions :

l'une au 1 % densité 1.0065

l'autre au 10 % » 1.0658.

» Les valeurs de ces densités sont données par Biedermann (Chemisches Kalender); je les ai vérifiées à l'aréomètre normal.

» Or par le calcul que vous proposez d'appliquer, on trouve :

1^{re} solution 995 cm³ eau, densité 1.0 = 995 gr.
5 cm³ KCl » 2.0 10

Densité calculée . . 1.005

et non 1.0065 que donne l'expérience.

» Par le même calcul on trouve pour la 2^e solution une densité de 1.050 et non 1.0658.

» Il y a donc écart considérable sur les chiffres de l'expérience.

» D'autre part, même si l'on obtenait une concordance entre les chiffres calculés et ceux trouvés expérimentalement, on ne pourrait appliquer un raisonnement analogue à la détermination théorique de la densité de l'eau, étant connues la quantité et la densité moyenne du résidu fixe de l'eau. Il faudrait encore tenir compte, non-seulement des gaz en dissolution dans l'eau, mais encore du fait que la plus grande partie du résidu, les carbonates de calcium et de magnésium, sont en dissolution dans l'eau à l'état de bicarbonates, sels sur lesquels on n'a pas de données physiques, vu leur instabilité. »

Je m'incline devant les arguments de M. Chuard, et je reconnais qu'en calculant la densité de l'eau d'après la teneur en

sels dissous, je ferai une erreur. Mais cette erreur sera certainement faible; la différence dans la quantité des sels en dissolution dans les deux eaux n'est pas considérable, et la nature de ces sels est probablement à peu près la même, l'eau du lac pour la majeure partie étant de l'eau du Rhône. Tout en convenant donc qu'il y a une légère erreur probable dans mon calcul, j'établirai celui-ci de la manière suivante :

Eau du lac. Matières dissoutes . . . 174 mgr. par litre.

Densité calculée: 2.4.

Poids d'eau déplacée . . . 73 » »

Excès de poids . . . 101 » »

Eau du Rhône du 6 juillet 1886 (n° X):

Matières dissoutes . . . 240 mgr. par litre.

Densité: 2.68.¹

Poids d'eau déplacée . . . 92 » »

Excès de poids . . . 148 » »

Il y aurait, d'après ce calcul, un excès de poids de 47 mgr. par litre en faveur de l'eau du Rhône, ce qui donnerait, toutes choses égales d'ailleurs, un excès de densité de 0.000047.

Je le répète, je sais que par un tel calcul je fais probablement une erreur; mais je sais que cette erreur est certainement peu forte et qu'elle n'est pas en tous les cas une erreur de signe. Je me sens en droit d'affirmer que, du fait des matières en dissolution dans l'eau, il y a un léger excès de densité dans les eaux du Rhône comparées à celles du lac, et qu'il y a lieu d'en tenir compte pour l'étude des densités relatives.

VIII. *Densité relative des eaux contenant de l'alluvion en suspension.* Tandis que l'eau du lac ne contient pas normalement de matières lourdes en suspension, l'eau du Rhône en est fortement chargée; la quantité a varié en 1886, d'après les analyses de M. Buenzod, de 0.04 à 2.25 gr. par litre. Cette alluvion augmente-t-elle la densité de l'eau?

Je n'avais pas mis cette question en doute, quand j'ai écrit ma première note sur les ravins sous-lacustres, ou quand je me suis occupé de l'inclinaison des plans isothermes dans les eaux

¹ Pour la densité des matières dissoutes dans l'eau du Rhône, j'ai pris 2.68, soit la densité de l'alluvion du fleuve, détermination de M. E. Chuard.

profondes du lac Léman¹. Mais quelques critiques m'ont été faites à ce sujet par des hommes de grande autorité, qui ont refusé d'admettre que des solides en suspension dans l'eau pussent augmenter la densité du liquide. Vous avez affaire, m'ont-ils dit, à de l'eau, ayant et gardant sa densité d'eau, qu'elle soit ou non traversée par des solides qui tombent dans cette eau.

J'ai donc dû reprendre la question *ab ovo* et chercher si l'alluvion en suspension dans un liquide augmente, oui ou non, la densité de ce liquide. J'ai traité le problème par voie d'expérience.

Exp. I. Dans un vase plein d'eau, j'ai laissé reposer au fond une masse d'argile lacustre moderne, alluvion du plafond du lac Léman. J'ai placé dans l'eau un aréomètre et j'ai laissé s'établir l'équilibre thermique. L'aréomètre est au zéro dans l'eau limpide; lorsque j'agite le limon pour le mettre en suspension dans l'eau, je vois l'aréomètre se soulever notablement, en indiquant que l'eau trouble est plus dense que l'eau limpide.

Exp. II. Sous une balance hydrostatique, j'ai suspendu par un fil une sphère de verre, alourdie par du plomb jusqu'à ce qu'elle dépassât de très peu la densité de l'eau. Je l'ai pesée successivement dans l'eau limpide et dans la même eau troublée par l'alluvion en suspension; j'ai constaté que, dans cette dernière, le solide pesait moins, que par conséquent la densité de l'eau était augmentée.

Ces deux expériences montrent un excès de densité dans l'eau chargée d'alluvion. Quelle est la valeur de cet excès? L'alluvion suspendue dans l'eau augmente-t-elle la densité de cette eau de tout son poids (pesé dans l'eau) ou seulement d'une fraction de ce poids? L'expérience suivante répond à cette question.

Exp. III. Je place un bassin plein d'eau chargée d'alluvion sur une balance sensible, et je l'équilibre exactement par des poids. Puis, alternativement, je laisse déposer l'alluvion au fond du vase ou je la mets en suspension dans l'eau en l'agitant avec une baguette. Je ne constate pas de différence appréciable dans le poids du bassin.

Le volume de l'eau n'a pas changé; que l'alluvion fût déposée au fond du vase, ou qu'elle fût en suspension dans l'eau, son poids n'a pas non plus changé. Donc la densité de l'eau trouble

¹ Comptes-rendus. Acad. sc. Paris, CII, 712. 1886.

est égale à la moyenne proportionnelle des deux densités de l'eau et de l'alluvion. Donc pour obtenir la densité de l'eau trouble, je n'ai qu'à additionner le poids de l'alluvion par unité de volume d'eau et à soustraire le poids de l'eau déplacée par l'alluvion.

Mais comment concilier cela avec l'expérience classique de Leibnitz ? Dans un vase d'eau posé sur une balance, on place un flotteur et on suspend sous celui-ci une balle de plomb, en équilibre avec des poids, puis on coupe le fil et on laisse tomber la balle à travers l'eau. Pendant tout le temps de la chute, la balance s'incline, et montre que le poids du vase, eau et plomb, s'est allégé ; l'équilibre ne se rétablit qu'au moment où la balle repose sur le fond du vase ¹.

Les résultats de cette expérience sont très différents de ceux que j'ai obtenus avec de l'alluvion impalpable. Dans l'expérience de Leibnitz, il y a diminution du poids du vase quand le solide traverse l'eau pendant la chute ; dans mon expérience III, il y a égalité de poids. D'où vient cette différence ?

Les seules conditions qui soient dissemblables résident dans les caractères du mouvement. Dans le cas de la balle de plomb, il y a chute accélérée dans l'eau ; le solide part de la vitesse initiale nulle, pour atteindre le fond du vase avant que les frottements de l'eau aient transformé le mouvement accéléré en un mouvement uniforme. Dans le cas de l'alluvion suspendue dans l'eau, vu la très petite masse des particules de l'alluvion impalpable, le mouvement devient très vite, presque immédiatement, un mouvement uniforme ; il n'y a plus trace d'accélération.

Ne pourrait-on pas modifier l'expérience de Leibnitz de telle manière que le gros solide que l'on fait tomber dans l'eau acquit l'uniformité de chute avant qu'il eût atteint le fond du vase ? J'y suis arrivé comme suit :

Exp. IV. Je place sur une balance une longue éprouvette pleine d'eau. Je dépose sur le même plateau de la balance un bloc de cire que j'ai alourdi avec du plomb jusqu'à lui donner une densité légèrement supérieure à celle de l'eau ; le poids de ce bloc placé dans l'eau est facilement appréciable à la sensibilité de ma balance. J'équilibre exactement avec des poids. Puis je jette dans l'eau le bloc de cire qui descend lentement, vu sa

¹ Voir la jolie variante de cette expérience par M. L. Dufour. Bull. Soc. vaud. sc. nat., XI, 322. Lausanne 1872.

faible densité, et qui, au lieu du mouvement accéléré de la balle de plomb de Leibnitz, prend bientôt un mouvement uniforme. Au même moment, la balance, qui avait fléchi pendant que je soutenais avec la main le bloc de cire, se remet en équilibre, longtemps avant que le solide ait atteint le fond du vase; elle garde, cela va sans dire, cette position d'équilibre quand le solide repose sur le fond. Le bloc de cire exerce le même effet sur la balance, qu'il soit suspendu dans sa chute de vitesse uniforme à travers l'eau, ou qu'il repose sur le plateau de la balance, qu'il soit dans l'eau ou qu'il soit hors de l'eau.

Exp. V. J'ai fait une variante de l'expérience précédente en employant, au lieu d'un bloc de cire de faible densité, une sphère lourde, dont le diamètre atteignait presque le diamètre interne de l'éprouvette. Dans sa chute à travers l'eau, la sphère lourde refoulait l'eau située au-dessous d'elle et la faisait passer au-dessus d'elle, en la forçant dans l'espace libre très étroit par où elle devait s'écouler; la chute était ainsi très ralentie et le mouvement devenait uniforme. Dans ces conditions aussi, l'équilibre de la balance était immédiatement rétabli.

J'ai parlé jusqu'à présent d'une augmentation de densité de l'eau par le fait de l'alluvion en suspension; l'expression n'est pas absolument exacte. Je devrais dire: l'eau, quand elle est chargée d'alluvion, se comporte comme s'il y avait augmentation de la densité. Ce n'est pas, en effet, une augmentation réelle de densité, car l'eau reste de l'eau, et sa densité d'eau n'est pas changée; mais il y a action mécanique, pression développée sur le fond du vase, déterminant par action dynamique un effet égal à celui d'une augmentation de poids statique. Cette action dynamique est prouvée par l'expérience suivante.

Exp. VI. Je suspends par un fil une balle de plomb dans un vase plein d'eau en équilibre sur une balance. Alternativement, je laisse tomber le solide dans l'eau ou je le relève. Pendant la chute, qu'elle soit lente ou rapide, accélérée ou uniforme, la balance s'infléchit du côté du vase, le vase s'alourdit; pendant le relèvement de la balle, le vase s'allège.

De ces diverses expériences, je conclus que l'eau, tenant en suspension de l'alluvion, comme l'eau du Rhône, se comporte comme si la densité était augmentée, et que cette augmentation de densité est proportionnelle à la charge d'alluvion.

Mon collègue, M. le professeur H. Dufour, de Lausanne, auquel j'avais posé la question qui me préoccupait, a fait de son

côté une série d'expériences plus ou moins analogues à celles que je viens de relater et est arrivé à la même conclusion que moi.

M. le D^r A.-A. Odin, professeur à Yverdon, a, d'autre part, traité la question par voie mathématique, et il m'autorise à publier son raisonnement dans les termes suivants :

« Le problème que nous nous proposons de résoudre est celui-ci :

» *Un corps tombant verticalement dans un liquide, quelle est, à un moment donné, la pression exercée par ce corps sur le fond du vase ou sur une paroi horizontale quelconque du liquide ?*

» Soit C le corps solide en question, m sa masse, P son poids, v la vitesse de haut en bas. La pression exercée par C sur la paroi inférieure B est uniquement transmise par la résistance du liquide; cette résistance est produite par des forces résultant, soit de la pression des molécules du liquide les unes sur les autres, soit de leur frottement; appelons r cette résistance. Le corps C est soumis à l'action des forces P et r , de sorte que l'équation de son mouvement est :

$$P - r = m \frac{dv}{dt}$$

t représentant le temps à partir du moment où C commence à se mouvoir, c'est-à-dire à $v = 0$.

» Cette équation nous suffit, à elle seule, pour la discussion complète du mouvement du corps C . En effet, au moment où ce dernier commence à tomber, la vitesse est nulle; mais alors la pression qu'il exerce sur le fond du liquide est égale au poids p d'un égal volume de ce liquide; donc, pour $v = 0$, on a $r = p$. Dès le commencement de la chute, la vitesse augmente et la résistance r augmente aussi, car à la pression hydrostatique p vient s'ajouter une pression hydrodynamique provenant du frottement de l'eau. Si nous admettons, ce qui paraît évident, que r croisse en même temps que v , nous voyons par l'équation ci-dessus que cette augmentation de valeur doit durer tant que $\frac{dv}{dt}$ ne sera pas devenu nul, c'est-à-dire tant que r ne sera pas égal à P . Lorsque cet état sera atteint, le mouvement du corps C sera devenu uniforme, et la pression r exercée par lui sur la paroi B sera égale à son poids.

» C'est ce qui a lieu pour les particules solides en suspension dans un liquide, et qui se meuvent du haut en bas. Pour les particules se mouvant obliquement, la loi n'est pas la même; on le

reconnaît immédiatement en considérant celles qui se meuvent horizontalement ou verticalement de bas en haut. Nous pouvons donc énoncer cette conclusion :

» *Lorsqu'un liquide contient une matière solide en suspension, on peut calculer directement sa densité en ajoutant le poids des particules solides au poids du liquide, à la condition que l'on soit en droit d'admettre que la presque totalité des particules solides se meuvent verticalement de haut en bas.* »

M. Odin arrive ainsi par la théorie pure au même résultat que nous avait donné, à M. Dufour et à moi, la voie d'expérimentation physique.

Je suis donc fondé à faire le calcul suivant :

Le 6 juillet 1886, l'eau du Rhône contenait une charge de 2.25 gr. par litre, d'alluvion impalpable sèche.

Cette alluvion, nous la connaissons quand elle est déposée au fond du lac. M. le professeur E. Chuard a eu l'obligeance de déterminer la densité d'un échantillon d'argile lacustre dragué par M. J. Hörnlimann entre les bouches du Rhône et Vevey, par 155 m. de fond ; il lui a trouvé une densité de 2.68.

Le volume d'eau déplacé par ces 2.25 gr. est donc de 0.847 cm³, soit 0.847 gr.

L'excès de charge par litre est donc 1.403 gr.

Je donne dans le tableau suivant la densité de l'eau du Rhône, calculée d'après les charges des matières dissoutes et suspendues trouvées par M. Buenzod dans les échantillons d'eau de St-Maurice. Puis je fais intervenir la notion de la température d'après les mesures faites par les gendarmes du pont de St-Maurice. Je continue ce calcul dans mon exemple du 6 juillet.

L'eau avait ce jour-là une température de 10.7°. A cette température, l'eau pure a une densité de 0.999694 d'après la formule de Kopp, l'eau distillée à 4.0° C. étant l'unité.

L'eau pure du 6 juillet pesait par litre . . . 999694 mgr.

Elle contenait 240 mgr. d'alluvion dissoute
donnant dans l'eau un excès de charge de . . . 148 »

2250 mgr. d'alluvion suspendue donnant dans
l'eau un excès de charge de . . . 1403 »

le poids d'un litre était donc . . . 1 001245 mgr.

La densité de cette eau était donc 1.001245.

Dans le tableau suivant, je répète ce calcul pour les 15 échantillons d'eau du Rhône de 1886. J'y donne toutes les valeurs à l'unité du milligramme par litre, ou au 1 : 1 000000.

Tableau de la densité des eaux du Rhône en 1886.

N°	Date.	Mat. en solution.		Mat. en suspension.		Total de l'excès de charge.	Tempér. T.	Densité de l'eau pure à la temp. T.	Densité de l'eau du Rhône à la temp. T.
		Poids.	Excès de charge.	Poids.	Excès de charge.				
I.	11 janvier . . .	230	134	65	41	175	0.0°	0.999 878	1.000 053
II.	21 février . . .	230	134	80	50	184	2.7	— 983	— 167
III.	17 mars	250	146	39	24	170	4.2	— 999	— 169
IV.	22 »	250	146	290	182	328	7.2	— 931	— 259
V.	2 avril	280	163	330	207	370	9.7	— 778	— 148
VI.	27 »	230	134	850	533	667	11.5	— 618	— 285
VII.	12 mai	250	146	1200	752	908	12.2	— 543	— 451
VIII.	21 »	250	146	1850	1160	1306	12.7	— 484	— 790
IX.	7 juin	230	134	1520	953	1087	9.7	— 778	— 865
X.	6 juillet	240	148	2250	1403	1551	10.7	— 694	— 1245
XI.	30 »	190	111	890	558	669	9.7	— 778	— 447
XII.	21 août	190	111	230	145	256	10.2	— 737	0.999 993
XIII.	29 septembre . .	180	105	400	251	356	10.2	— 737	1.000 093
XIV.	21 octobre . . .	185	108	1050	658	766	7.7	— 908	— 674
XV.	26 novembre . .	192	112	150	94	206	1.7	— 958	— 164

En regard de ces diverses eaux du Rhône, plaçons l'eau du lac Léman. Celle-ci ne contient pas d'alluvion en suspension; de ce fait, rien à noter par conséquent. Elle contient, en revanche, par litre, 174 milligrammes de sels dissous, dont la densité moyenne peut être calculée, car nous en connaissons la composition chimique; j'ai fait ce calcul ¹, et je suis arrivé à une densité moyenne de 2.4.

174 milligrammes de sels déplacent par conséquent 73 mgr. d'eau, et il reste un excès de charge de 101 mgr. par litre.

La température des eaux du Léman n'est pas descendue, en 1886, au-dessous de 5.0°.

A 5.0°, l'eau distillée a une densité de	0.999995
Ajoutons-y la surcharge de	0.000101

Nous aurons pour l'eau du lac la plus dense	1.000096
---	----------

Une telle eau est plus dense que les échantillons de l'eau du Rhône N° I, du 11 janvier 1886; N° XII, du 21 août, et N° XIII, du 29 septembre. Elle est moins dense que les douze autres échantillons récoltés en 1886; pour beaucoup de ces échantillons, la différence est énorme et atteint la 4^e et même la 3^e décimale.

Nous pouvons donc être certains que cette différence dépasse toutes les erreurs de calcul, très faibles, du reste, que nous avons reconnues; nous pouvons affirmer que, sauf dans les mois de janvier, d'août et de septembre 1886, pendant la plus grande partie de l'année, par conséquent, l'eau du Rhône est plus lourde que l'eau la plus dense du lac Léman, plus dense que l'eau des plus grands fonds du lac. Cela est vrai en particulier de tout le printemps et de la plus grande partie de l'été, où le Rhône a son plus grand débit et sa plus forte charge d'alluvion.

Donc, pendant les trois quarts de l'année, l'eau du Rhône, plus lourde que celle du lac, doit s'écouler le long des talus du cône d'alluvion sous-lacustre ²; elle doit chercher jusque dans les plus grands fonds la ligne de plus grande pente. Il doit en résulter nécessairement la formation d'un courant sous-lacustre limité, qui, comme tout courant, doit présenter des remous sur

¹ Dans ce calcul, il y a une erreur inévitable, qui m'est signalée par M. Chuard; j'ai compté les carbonates de calcium et de magnésium à l'état de carbonates, et non de bicarbonates comme ils le sont en réalité.

² De là le phénomène bien connu de la *Bataillière*, cascade sous-lacustre des eaux troubles du Rhône qui plongent à l'embouchure du Rhône dans les eaux bleues du Léman.

les bords, au contact avec l'eau dormante. Dans ces remous, l'eau s'immobilise progressivement et l'alluvion se dépose.

Il doit en résulter, de chaque côté, sur les bords du courant, formation de digues latérales, tendant à se surélever chaque année. Ces digues latérales doivent limiter toujours mieux le courant sous-lacustre et le contenir dans un ravin toujours mieux différencié.

De là l'établissement et la conservation du ravin sous-lacustre qu'ont découvert nos ingénieurs hydrographes.

L'action qui préside à l'établissement de ces ravins serait donc le dépôt de l'alluvion, et nous n'avons aucune nécessité à faire intervenir une action d'érosion, comme je l'avais cru dans mes premières études. Cependant, il est possible qu'un courant aussi puissant que celui que nous constatons, le courant d'un grand fleuve, charriant des centaines de mètres cubes à la seconde, avec une densité notablement plus forte que celle des eaux dormantes qui l'entourent ¹, dans un ravin bien limité, peu large, contenu entre des digues élevées, sur une déclivité aussi rapide, atteignant en quelques points aux bouches du Rhône une pente de 22 %, il est possible, dis-je, qu'un tel courant puisse produire des phénomènes d'érosion. Cela est même probable pour les parties supérieures du ravin, là où son relief et sa pente sont le plus accentués. Mais cela n'est plus probable pour les régions plus profondes, à quelques kilomètres de l'embouchure du fleuve, à 100 ou 200 mètres de profondeur sous la nappe des eaux. Là nous n'avons plus, sans doute, que des faits d'alluvion, et nous devons considérer ceux-ci comme représentant l'action dominante, le plus longtemps et le plus loin efficace pour l'édification et la conservation des ravins sous-lacustres.

Dans ces termes, je crois résolu le problème de géographie physique qui nous était posé.

Un seul fait reste encore obscur, c'est l'absence d'un ravin sous-lacustre à l'embouchure de la Reuss dans le lac des Quatre-Cantons (et de l'Aar dans le lac de Brienz). Je n'ai pas les éléments nécessaires pour rendre compte de cette divergence.

¹ La différence, dans l'échantillon du 6 juillet, dépasse 0.001144.



DES MAXIMA & MINIMA

de la distance de deux points appartenant respectivement
à deux courbes ou surfaces données,

par A.-A. ODIN.

Pl. V.

La question que nous nous proposons de traiter est du domaine de la géométrie infinitésimale; nous pouvons la préciser comme suit :

Rechercher quelles sont les conditions qui doivent être remplies pour que la distance de deux points appartenant respectivement à deux courbes ou surfaces données, soit un maximum ou minimum.

Nous ne traiterons pas cette question dans toute sa généralité, car cela nous entraînerait trop loin; nous nous bornerons à considérer le cas où les deux points considérés sont constamment des points réguliers des courbes ou surfaces auxquelles ils appartiennent; nous laisserons aussi de côté tous les cas particuliers ou spéciaux qui pourraient se présenter. Notre but final est de donner une interprétation géométrique des résultats généraux auxquels nous serons arrivés.

L'étude à faire se divise tout naturellement en trois parties s'occupant des distances maximales et minimales :

- 1° De deux courbes;
- 2° D'une courbe et d'une surface;
- 3° De deux surfaces.

I.

Soient deux courbes C_1, C_2 , A_1 un point régulier quelconque de C_1 , et A_2 un point régulier quelconque de C_2 . Nous avons à rechercher les conditions qui doivent être remplies pour que la distance $A_1 A_2$ soit un maximum ou minimum.

Nous rapporterons les courbes C_1 et C_2 à un système cartésien rectangulaire $Oxyz$; posons pour les coordonnées de A_1, A_2 :

$$A_1 (x_1 y_1 z_1); \quad A_2 (x_2 y_2 z_2).$$

Le carré de la distance de ces deux points est :

$$(1) \quad 2V = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2.$$

C'est de cette expression que nous avons à rechercher les maxima et minima, car du moment où nous regardons une distance comme une quantité essentiellement positive, si elle est un maximum ou minimum, il en sera de même pour son carré et réciproquement. Nous supposerons x_1, y_1, z_1 exprimés en fonction de la longueur s_1 de l'arc de la courbe C_1 mesurée à partir d'un point quelconque jusqu'en A_1 et x_2, y_2, z_2 en fonction de s_2 arc de la courbe C_2 . s_1 et s_2 étant pris pour variables indépendantes, nous avons :

$$dV = \frac{\partial V}{\partial s_1} ds_1 + \frac{\partial V}{\partial s_2} ds_2$$

et la première condition nécessaire pour qu'il y ait maximum ou minimum est exprimée par les équations :

$$\begin{aligned} \frac{\partial V}{\partial s_1} &= (x_1 - x_2) \frac{dx_1}{ds_1} + (y_1 - y_2) \frac{dy_1}{ds_1} + (z_1 - z_2) \frac{dz_1}{ds_1} = 0 \\ (2) \quad -\frac{\partial V}{\partial s_2} &= (x_1 - x_2) \frac{dx_2}{ds_2} + (y_1 - y_2) \frac{dy_2}{ds_2} + (z_1 - z_2) \frac{dz_2}{ds_2} = 0 \end{aligned}$$

lesquelles nous montrent que la droite $A_1 A_2$ doit couper normalement chacune des deux courbes. De plus :

$$d^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial s_1^2} ds_1^2 + 2 \frac{\partial^2 V}{\partial s_1 \partial s_2} ds_1 ds_2 + \frac{\partial^2 V}{\partial s_2^2} ds_2^2$$

doit avoir toujours le même signe quels que soient ds_1 et ds_2 ; il faut pour cela que :

$$(3) \quad \frac{\partial^2 V}{\partial s_1^2} \frac{\partial^2 V}{\partial s_2^2} - \left(\frac{\partial^2 V}{\partial s_1 \partial s_2} \right)^2 \geq 0$$

Cette condition est suffisante toutes les fois qu'elle est exprimée par le signe $>$. Le peu d'étendue que nous devons donner à ce mémoire nous oblige à laisser de côté le cas fort intéressant où il y a égalité.

Par de simples différentiations de l'équation (2) et en observant que :

$$\left(\frac{dx_1}{ds_1}\right)^2 + \left(\frac{dy_1}{ds_1}\right)^2 + \left(\frac{dz_1}{ds_1}\right)^2 = 1$$

$$\left(\frac{dx_2}{ds_2}\right)^2 + \left(\frac{dy_2}{ds_2}\right)^2 + \left(\frac{dz_2}{ds_2}\right)^2 = 1$$

l'on a :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial s_1^2} = (x_1 - x_2) \frac{d^2 x_1}{ds_1^2} + (y_1 - y_2) \frac{d^2 y_1}{ds_1^2} + (z_1 - z_2) \frac{d^2 z_1}{ds_1^2} + 1$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial s_2^2} = -(y_1 - x_2) \frac{d^2 x_2}{ds_2^2} - (y_1 - y_2) \frac{d^2 y_2}{ds_2^2} - (z_1 - z_2) \frac{d^2 z_2}{ds_2^2} + 1$$

$$-\frac{\partial^2 V}{\partial s_1 \partial s_2} = \frac{dx_1}{ds_1} \frac{dx_2}{ds_2} + \frac{dy_1}{ds_1} \frac{dy_2}{ds_2} + \frac{dz_1}{ds_1} \frac{dz_2}{ds_2}$$

Nous voyons tout d'abord qu'en appelant A l'un des angles que forment entre elles les directions des éléments ds_1 et ds_2 , la dernière de ces équations devient :

$$-\frac{\partial^2 V}{\partial s_1 \partial s_2} = \cos A$$

Soient ρ_1, ρ_2 les rayons de courbure de C_1, C_2 aux points A_1, A_2 , D la distance $A_1 A_2$ prise positivement, α, β, γ les angles de $A_1 A_2$ avec les directions positives des axes; soient de même $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ les angles des éléments ds_1, ds_2 pris chacun dans son sens positif, avec les directions positives des axes et $\xi_1, \eta_1, \zeta_1, \xi_2, \eta_2, \zeta_2$ les angles de ρ_1 et ρ_2 (pris à partir de A_1 et A_2) avec les mêmes directions. Nous rappellerons les formules connues :

$$\frac{d^2 x_1}{ds_1^2} = \frac{\cos \xi_1}{\rho_1} \quad \frac{d^2 y_1}{ds_1^2} = \frac{\cos \eta_1}{\rho_1} \quad \frac{d^2 z_1}{ds_1^2} = \frac{\cos \zeta_1}{\rho_1}$$

$$\frac{d^2 x_2}{ds_2^2} = \frac{\cos \xi_2}{\rho_2} \quad \frac{d^2 y_2}{ds_2^2} = \frac{\cos \eta_2}{\rho_2} \quad \frac{d^2 z_2}{ds_2^2} = \frac{\cos \zeta_2}{\rho_2}$$

$$x_2 - x_1 = D \cos \alpha \quad y_2 - y_1 = D \cos \beta \quad z_2 - z_1 = D \cos \gamma$$

Ces formules nous donnent :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial s_1^2} = - \frac{D}{\rho_1} (\cos \alpha \cos \xi_1 + \cos \beta \cos \eta_1 + \cos \gamma \cos \zeta_1) + 1$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial s_2^2} = - \frac{D}{\rho_2} (\cos \alpha \cos \xi_2 + \cos \beta \cos \eta_2 + \cos \gamma \cos \zeta_2) + 1$$

En appelant B_1, B_2 les angles (A, A_2, ρ_1) , $(A_2 A_1, \rho_2)$, ces équations deviennent :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial s_1^2} = - \frac{D}{\rho_1} \cos B_1 + 1$$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial s_2^2} = - \frac{D}{\rho_2} \cos (\pi - B_2) + 1 = - \frac{D}{\rho_2} \cos B_2 + 1$$

En substituant ces valeurs dans l'inégalité (3), celle-ci prend la forme :

$$(4) \quad \left(1 - \frac{D}{\rho_1} \cos B_1\right) \left(1 - \frac{D}{\rho_2} \cos B_2\right) - \cos^2 A \geq 0$$

Faisons passer un plan par A, A_2 et ds_1 , et projetons C_1 sur ce plan; nous obtenons une nouvelle courbe C_1' dont le rayon de courbure est :

$$R_1 = \frac{\rho_1}{\cos B_1}$$

Nous définirions de même :

$$R_2 = \frac{\rho_2}{\cos B_2}$$

R_1 et R_2 sont des rayons de courbure qui doivent être mesurés sur la droite A, A_2 ; ils sont positifs s'ils ont les directions respectives A, A_2 et $A_2 A_1$, négatifs dans le cas contraire.

Par l'introduction de ces nouveaux rayons de courbure, l'inégalité (4) devient :

$$(5) \quad \left(1 - \frac{D}{R_1}\right) \left(1 - \frac{D}{R_2}\right) - \cos^2 A \geq 0$$

Soient O_1 et O_2 les centres de courbure correspondant aux rayons R_1 et R_2 . On voit aisément que O_1 et O_2 ne sont autre-

chose que les points d'intersection de la droite $A_1 A_2$ avec les axes de courbure de C_1 et de C_2 . La figure 1 nous montre que :

$$\begin{aligned} \left(1 - \frac{D}{R_1}\right) \left(1 - \frac{D}{R_2}\right) &= \frac{R_1 - D}{R_1} \cdot \frac{R_2 - D}{R_2} = \\ &= \frac{D - R_1}{R_1} \cdot \frac{D - R_2}{R_2} = \\ &= \frac{O_1 A_2}{A_1 O_1} \cdot \frac{O_2 A_1}{A_2 O_2} = \\ &= \frac{O_1 A_2}{O_2 A_2} : \frac{O_1 A_1}{O_2 A_1} \\ \left(1 - \frac{D}{R_1}\right) \left(1 - \frac{D}{R_2}\right) &= (O_1 O_2 A_2 A_1) \end{aligned}$$

La condition (5) devient donc :

$$(6) \quad (O_1 O_2 A_2 A_1) - \cos^2 A \geq 0$$

Nous voyons que le rapport anharmonique $(O_1 O_2 A_2 A_1)$ doit nécessairement être positif, ce qui ne peut avoir lieu, ainsi que le montre la discussion générale des rapports anharmoniques, que si l'on peut aller de A_1 en A_2 sur la droite $A_1 A_2$ en passant par les deux centres $O_1 O_2$. Cette condition est même suffisante si $\cos^2 A = 0$, c'est-à-dire si les courbes $C_1 C_2$ ont en $A_1 A_2$ des tangentes perpendiculaires entre elles.

Nous avons maintenant à distinguer les cas où il y a maximum de ceux où il y a minimum. Il y aura maximum si $\frac{\partial^2 V}{\partial s_1^2}$ et $\frac{\partial^2 V}{\partial s_2^2}$ sont négatives, c'est-à-dire si $1 - \frac{D}{R_1}$ et $1 - \frac{D}{R_2}$ sont négatifs, ou, autrement dit, si, en allant de A_1 en A_2 par O_1 et O_2 on ne passe pas par le point infini de la droite; il y a minimum dans le cas contraire.

II.

Après avoir recherché les conditions qui doivent être remplies pour que la distance de deux points appartenant respectivement à deux courbes données, soit un maximum ou un minimum, il convient de s'occuper de la question analogue qui se présente

lorsqu'il n'y a plus en présence deux courbes, mais une courbe et une surface.

Soient une courbe C_1 et une surface S_2 ; soient A_1 un point régulier de C_1 et A_2 un point régulier de S_2 . Nous allons rechercher dans quels cas la longueur

$$A_1 A_2 = D$$

est un $\left\{ \begin{array}{c} \text{maximum} \\ \text{minimum} \end{array} \right\}$ de la distance de C_1 à S_2 . Pour que cela ait lieu, il faut et il suffit que D soit la distance $\left\{ \begin{array}{c} \text{maximale} \\ \text{minimale} \end{array} \right\}$ de C_1 à toutes les sections normales de S_2 passant par A_2 . Nous sommes donc ramenés au premier cas et nous voyons que la première condition qui doit être remplie est que $A_1 A_2$ coupe normalement C_1 et S_2 .

Soient R_1 le rayon de courbure de la projection de C_1 sur le plan passant par $A_2 A_1$ et la tangente en A_1 à C_1 , $R_2' R_2''$ les rayons de courbure principaux de S_2 en A_2 , A l'un des angles de la section principale C_2' (correspondante à R_2') avec la tangente de C_1 en A_1 , C_2 une section normale quelconque de S_2 formant avec C_2' un angle φ , et enfin R_2 le rayon de courbure correspondant à cette section. Pour que D soit un maximum ou minimum de la distance de C_1 à C_2 , il faut, d'après l'équation (5), que :

$$\left(1 - \frac{D}{R_1}\right) \left(1 - \frac{D}{R_2}\right) - \cos^2(A + \varphi) \geq 0$$

Cette condition est suffisante tant qu'elle est exprimée par le signe $>$. Pour qu'il y ait maximum ou minimum de la distance de C_1 à la surface entière S_2 , il faut que cette inégalité soit satisfaite pour toutes les valeurs de φ . Nous devons donc chercher à la remplacer par une autre inégalité qui lui soit équivalente, mais qui ne contienne plus que des quantités déterminées. Pour y arriver, remarquons d'abord que, d'après le théorème d'Euler, exprimé par la formule :

$$\frac{1}{R_2} = \frac{\cos^2 \varphi}{R_2'} + \frac{\sin^2 \varphi}{R_2''}$$

notre inégalité devient :

$$\left(1 - \frac{D}{R_1}\right) \left[1 - D \frac{\cos^2 \varphi}{R_2'} - D \frac{\sin^2 \varphi}{R_2''}\right] - \cos^2(A + \varphi) \geq 0$$

Si nous posons :

$$1 - \frac{D}{R_1} = r_1 \quad 1 - \frac{D}{R_2'} = r_2' \quad 1 - \frac{D}{D_2''} = r_2''$$

$$\operatorname{tg} A = a \quad \operatorname{tg} \varphi = u$$

la condition du maximum ou minimum prend la forme :

$$r_1 [r_2' \cos^2 \varphi + r_2'' \sin^2 \varphi] - \cos^2 (A + \varphi) \geq 0$$

ou

$$r_1 \left[r_2' \frac{1}{1+u^2} + r_2'' \frac{u^2}{1+u^2} \right] - \frac{(1-au)^2}{(1+a^2)(1+u^2)} \geq 0$$

$1+u^2$ étant toujours positif et n'étant jamais nul, nous pouvons toujours écrire plus simplement :

$$r_1 (r_2' + r_2'' u^2) - \frac{(1-au)^2}{1+a^2} \geq 0$$

ou encore

$$(7) \left(r_1 r_2'' - \frac{a^2}{1+a^2} \right) u^2 + 2 \frac{a}{1+a^2} u + \left(r_1 r_2' - \frac{1}{1+a^2} \right) \geq 0$$

Cette inégalité devant subsister pour toutes les valeurs réelles de φ , et par conséquent pour toutes les valeurs réelles de u (même pour $u = \infty$), on doit avoir simultanément :

$$(8) \left(r_1 r_2'' - \frac{a^2}{1+a^2} \right) \left(r_1 r_2' - \frac{1}{1+a^2} \right) - \frac{a^2}{(1+a^2)^2} \geq 0$$

$$E'' = r_1 r_2'' - \frac{a^2}{1+a^2} \geq 0 \quad E' = r_1 r_2' - \frac{1}{1+a^2} \geq 0$$

Ces dernières relations nous montrent que $r_1 r_2' r_2''$ doivent être tous les trois de même signe; nous allons montrer que cela suffit pour qu'elles soient satisfaites, supposé que la condition (8) soit remplie. En effet, d'après (8), E' et E'' doivent être de même signe; ils ne peuvent pas être négatifs, car $r_1 r_2''$ et $r_1 r_2'$ étant positifs, les valeurs absolues de E' et E'' seraient nécessairement inférieures à $\frac{1}{1+a^2}$ et $\frac{a^2}{1+a^2}$ et, par conséquent, le produit

E' E'' serait plus petit que $\frac{a^2}{1+a^2}$, ce qui est impossible à cause de l'inégalité (8). Si nous admettons donc que $r_1 r_2' r_2''$ soient de même signe et que la condition (8) soit exprimée par une inégalité, il nous suffit de considérer cette dernière seule. Elle se laisse transformer comme suit :

$$(9) \quad \begin{aligned} r_1^2 r_2' r_2'' - \frac{r_1 r_2''}{1+a^2} - \frac{a^2 r_1 r_2'}{1+a^2} &\geq 0 \\ r_1 \left[r_2' (r_1 r_2'' - 1) - \frac{r_2'' - r_2'}{1+a^2} \right] &\geq 0 \end{aligned}$$

Comme nous avons le choix entre les notations r_2' et r_2'' , nous pouvons en disposer de manière à ce que

$$r_1 (r_2'' - r_2') \geq 0$$

ce qui nous permet de diviser l'inégalité (9) par $r_1 (r_2'' - r_2')$; elle prend la forme :

$$\frac{r_2' (r_1 r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{1}{1+a^2} \geq 0$$

ou

$$(10) \quad \frac{r_2' (r_1 r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \cos^2 A \geq 0$$

Elle n'est pas valable si $r_2' = r_2''$, c'est-à-dire si A_2 est un ombilic de S_2 . Nous excluons ce cas particulier et chercherons à interpréter géométriquement cette inégalité pour le cas général.

Appelons $O_1 O_2' O_2''$ les centres de courbure se rapportant à $R_1 R_2' R_2''$ qui sont des longueurs mesurées sur $A_1 A_2$. On a (fig. 2) :

$$\begin{aligned} \frac{r_2' (r_1 r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} &= (1 - r_1 r_2'') : \left(\frac{r_2' - r_2''}{r_2'} \right) = \\ &= \left[1 - \left(1 - \frac{D}{R_1} \right) \left(1 - \frac{D}{R_2''} \right) \right] : \frac{\left(1 - \frac{D}{R_2'} \right) - \left(1 - \frac{D}{R_2''} \right)}{1 - \frac{D}{R_2'}} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left(\frac{D}{R_1} + \frac{D}{R_2''} - \frac{D_2}{R_1 R_2''} \right) : \frac{\frac{D}{R_2''} - \frac{D}{R_2'}}{R_2' - D} = \\
&= \frac{D - R_1 - R_2''}{-R_1} : \frac{R_2' - R_2''}{R_2' - D} = \\
&= \frac{O_1 O_2''}{O_1 A_1} : \frac{O_2' O_2''}{O_2' A_1} \\
\frac{r_2' (r_1 r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} &= (O_1 O_2' O_2'' A_1)
\end{aligned}$$

En substituant cette valeur dans (10), il vient :

$$(11) \quad (O_1 O_2' O_2'' A_1) - \cos^2 A \geq 0$$

N'oublions pas que, pour qu'il y ait maximum ou minimum, il faut en outre que $r_1 r_2' r_2''$ aient le même signe; ces expressions sont les mêmes que

$$\frac{R_1 - D}{R_1} \quad \frac{R_2' - D}{R_2'} \quad \frac{R_2'' - D}{R_2''}$$

Considérons la première d'entre elles :

$$\frac{R_1 - D}{R_1} = \frac{A_2 O_1}{A_1 O_1}$$

Elle est négative si O_1 se trouve entre A_1 et A_2 et positive dans le cas contraire. Il en est de même pour les deux autres expressions et les deux autres centres. Donc, pour que $r_1 r_2' r_2''$ aient le même signe, il faut et il suffit que l'on puisse aller de A_1 en A_2 en passant par les trois centres $O_1 O_2' O_2''$.

Nous avons dit que O_2' et O_2'' doivent être choisis de manière à ce que :

$$r_1 (r_2'' - r_2') \geq 0$$

ou

$$\left(1 - \frac{D}{R_1}\right) \left(\frac{D}{R_2'} - \frac{D}{R_2''}\right) \geq 0$$

Il est facile de voir d'après ce qui précède que cette inégalité a lieu si, en allant de A_1 en A_2 par les centres, on rencontre O_2' avant O_2'' .

Toutes ces conditions réunies sont suffisantes pour qu'il y ait maximum ou minimum en temps que l'inégalité (11) n'est pas réduite à une égalité et que A_2 n'est pas un ombilic de S_2 . Pour distinguer le maximum du minimum, il suffit de considérer la courbe C_1 et une section normale quelconque de S_2 , par exemple C_2' . On arrive facilement à la conclusion qu'il y a maximum si, en allant de A_1 en A_2 par les centres, on ne passe pas par le point à l'infini de la droite, et minimum dans le cas contraire.

III.

La troisième et dernière partie de notre mémoire se rapporte tout naturellement aux questions relatives aux maxima et minima de la distance de deux surfaces. Nous ramènerons ce troisième cas au second, comme nous avons déjà ramené le second au premier.

Soient deux surfaces S_1 et S_2 , A_1 un point régulier quelconque de S_1 , A_2 un point régulier quelconque de S_2 . Pour que A_1 , A_2 regardé comme distance de S_1 à S_2 soit un $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{maximum} \\ \text{minimum} \end{smallmatrix} \right\}$ il faut et il suffit que A_1 , A_2 soit un $\left\{ \begin{smallmatrix} \text{maximum} \\ \text{minimum} \end{smallmatrix} \right\}$ de la distance de S_2 à une section normale quelconque de S_1 en A_1 . Ceci nous montre en premier lieu que la droite A_1 , A_2 doit couper normalement les deux surfaces et que l'on doit pouvoir aller de A_1 en A_2 en passant par les centres de courbures des sections normales principales de S_1 en A_1 et de S_2 en A_2 . A ces deux conditions nécessaires vient se joindre une condition nécessaire aussi, mais en général suffisante, que nous allons nous proposer d'établir.

Soient $\left\{ \begin{smallmatrix} R_1' & R_1'' \\ R_2' & R_2'' \end{smallmatrix} \right\}$ les rayons de courbure des sections principales $\left\{ \begin{smallmatrix} C_1' & C_1'' \\ C_2' & C_2'' \end{smallmatrix} \right\}$ de $\left\{ \begin{smallmatrix} S_1 \\ S_2 \end{smallmatrix} \right\}$ et posons comme précédemment :

$$1 - \frac{D}{D_1'} = r_1'$$

$$1 - \frac{D}{R_1''} = r_1''$$

$$1 - \frac{D}{R_2'} = r_2'$$

$$1 - \frac{D}{R_2''} = r_2''$$

A ces rayons de courbure correspondent des centres de courbure $O_1' O_1'' O_2' O_2''$; les accents des lettres O sont choisis de telle manière que

$$\begin{aligned} A_1 O_2' O_2'' A_2 \\ A_1 O_1'' O_1' A_2 \end{aligned}$$

forment des suites de points.

Comme l'on doit pouvoir aller de A_1 en A_2 en passant par tous les centres, il s'ensuit (comparez avec II) que tous les r doivent être de même signe, et le choix des accents indique que, r désignant l'une quelconque des quatre quantités $r_1' r_1'' r_2' r_2''$, l'on doit avoir

$$r (r_1'' - r_1') \geq 0$$

$$r (r_2'' - r_2') \geq 0$$

Pour arriver à l'inégalité de condition que nous recherchons, nous supposons que A_2 n'est pas un ombilic de S_2 . Soit A l'un des angles de la tangente en A_2 à $\left\{ \begin{smallmatrix} C_2' \\ C_2'' \end{smallmatrix} \right\}$ avec la tangente en A_1 à $\left\{ \begin{smallmatrix} C_1' \\ C_1'' \end{smallmatrix} \right\}$. Soit C_1 une section normale de S_1 en A_1 , dont la tangente fasse avec la tangente de C_1' un angle ψ ; le sens positif de l'angle ψ compté à partir de C_1' doit être le même que le sens positif de A compté à partir de C_2' , de sorte que C_2' fait avec C_1 un angle $\psi = A + \psi$. Soit R_1 le rayon de courbure de C_1 en A_1 et posons, comme pour les autres rayons de courbure :

$$r_1 = 1 - \frac{D}{R_1}$$

La seconde partie de notre étude nous enseigne que, les conditions préliminaires établies jusqu'ici étant remplies, pour que $A_1 A_2$ regardé comme distance de C_1 à S_2 soit un maximum ou minimum, il faut que (équation 10) :

$$(12) \quad \frac{r_2' (r_1 r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \cos^2 (A + \psi) \geq 0$$

Cette condition est suffisante si elle est exprimée par une inégalité. Nous avons déjà vu que lorsqu'il s'agit de deux surfaces, elle doit être satisfaite pour toutes les sections normales C_1 de

S_1 , par conséquent pour toutes les valeurs de ψ . Comme le théorème d'Euler nous donne la relation

$$r_1 = r_1' \cos^2 \psi + r_1'' \sin^2 \psi$$

nous devons avoir

$$\frac{r_2' [r_2'' (r_1' \cos^2 \psi + r_1'' \sin^2 \psi) - 1]}{r_2'' - r_2'} - \cos^2 (A + \psi) \geq 0$$

et cela pour toutes les valeurs de ψ . Si nous posons comme précédemment :

$$\operatorname{tg} \psi = v$$

$$\operatorname{tg} A = a$$

l'inégalité ci-dessus deviendra :

$$(13) \quad \frac{r_2' \left[r_2'' \frac{r_1' + r_1'' v^2}{1 + v^2} - 1 \right]}{r_2'' - r_2'} - \frac{(1 - av)^2}{(1 + a^2)(1 + v^2)} \geq 0$$

En multipliant le premier membre de cette inégalité par $1 + v^2$ et en l'ordonnant suivant les puissances décroissantes de v , nous avons :

$$(14) \quad \left[\frac{r_2' (r_1'' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{a^2}{1 + a^2} \right] v^2 + 2 \frac{a}{1 + a^2} v + \left[\frac{r_2' (r_1' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{1}{1 + a^2} \right] \geq 0$$

Pour que ce polynome soit positif, quel que soit v , il faut que l'on ait :

$$(15) \quad F_1'' = \frac{r_2' (r_1'' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{a^2}{1 + a^2} \geq 0$$

$$F_1' = \frac{r_2' (r_1' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{1}{1 + a^2} \geq 0$$

$$(16) \quad \left[\frac{r_2' (r_1'' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{a^2}{1 + a^2} \right] \left[\frac{r_2' (r_1' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{1}{1 + a^2} \right] - \frac{a^2}{(1 + a^2)^2} \geq 0$$

Par un raisonnement identique à celui que nous avons donné dans le § 2, on montre que, la condition (16) étant satisfaite,

pour que les inégalités (15) le soient aussi, il suffit en général que

$$(17) \quad \begin{aligned} \frac{r_2' (r_1'' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} &\geq 0 \\ \frac{r_2' (r_1' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} &\geq 0 \end{aligned}$$

Les premiers membres de ces deux inégalités ont exactement la même forme que celui de l'inégalité (10); ils se laissent donc transformer exactement de la même manière et fournissent les inégalités suivantes :

$$(17) \quad \begin{aligned} (O_1'' O_2' O_2'' A_1) &\geq 0 \\ (O_1' O_2' O_2'' A_1) &\geq 0 \end{aligned}$$

Elles expriment que l'on doit pouvoir aller de O_2'' en A_1 en passant par les centres $O_1'' O_1' O_2'$ (que l'on peut rencontrer dans un ordre quelconque); or, nous savons déjà qu'en faisant ce trajet et en allant de A_2 en A_1 , on doit passer par tous les centres; nous voyons donc que le premier centre que l'on rencontre doit être O_2'' , centre qui se rapporte au point de départ A_2 . On trouverait de même qu'en allant de A_1 en A_2 par les centres, le premier point que l'on rencontre doit se rapporter à A_1 , ce qui signifie qu'il doit être O_1'' puisque O_1'' doit se rencontrer avant O_1' . Comme nous l'avons déjà annoncé, nous laissons de côté les différents cas qui peuvent se présenter lorsque deux ou plusieurs des six points en présence se confondent.

Nous avons à interpréter l'inégalité (16); en effectuant les calculs, elle devient :

$$\begin{aligned} &\frac{r_2'^2 (r_1' r_2'' - 1) (r_1'' r_2'' - 1)}{(r_2'' - r_2')^2} - \frac{a^2}{1+a^2} \frac{r_2' (r_2' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \\ &\quad - \frac{1}{1+a^2} \frac{r_2' (r_1'' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} \geq 0 \\ &\frac{r_2'^2 (r_1' r_2'' - 1) (r_1'' r_2'' - 1)}{(r_2'' - r_2')^2} - \frac{r_2' (r_1' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \\ &\quad - \frac{1}{1+a^2} \left[\frac{r_2' (r_1'' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} - \frac{r_2' (r_1' r_2'' - 1)}{r_2'' - r_2'} \right] \geq 0 \end{aligned}$$

$$\frac{r_2' (r_1' r_2'' - 1) [r_2' (r_1'' r_2'' - 1) - (r_2'' - r_2')] }{(r_2'' - r_2')^2} - \frac{1}{1 + a^2} \frac{r_2' r_2'' (r_1'' - r_1')}{r_2'' - r_2'} > 0$$

$r_2', r_2'', r_1'' - r_1', r_2'' - r_2'$, ont par hypothèse tous le même signe ; nous pouvons donc diviser notre inégalité par

$$\frac{r_2' r_2'' (r_1'' - r_1')}{r_2'' - r_2'}$$

et elle devient :

$$(18) \quad \frac{(r_1' r_2'' - 1) (r_1'' r_2' - 1)}{(r_1'' - r_1') (r_2'' - r_2')} - \frac{1}{1 + a^2} > 0$$

Nous savons d'abord que

$$\frac{1}{1 + a^2} = \cos^2 A$$

puis que (fig. 3)

$$\begin{aligned} & \frac{(r_1' r_2'' - 1)(r_1'' r_2' - 1)}{(r_1'' - r_1')(r_2'' - r_2')} = \\ &= \frac{\left[\left(1 - \frac{D}{R_1'}\right) \left(1 - \frac{D}{R_2''}\right) - 1 \right] \left[\left(1 - \frac{D}{R_1''}\right) \left(1 - \frac{D}{R_2'}\right) - 1 \right]}{\left[\left(1 - \frac{D}{R_1''}\right) - \left(1 - \frac{D}{R_1'}\right) \right] \left[\left(1 - \frac{D}{R_2''}\right) - \left(1 - \frac{D}{R_2'}\right) \right]} = \\ &= \frac{(D - R_1' - R_2'')(D - R_1'' - R_2')}{(R_1'' - R_1')(R_2'' - R_2')} = \\ &= \frac{O_1' O_2'' \cdot O_1'' O_2'}{O_1' O_1'' \cdot O_2'' O_2'} = \\ &= (O_1' O_2' O_2'' O_1'') \end{aligned}$$

D'après ceci, l'inégalité (18) devient :

$$(19) \quad (O_1' O_2' O_2'' O_1'') - \cos^2 A \geq 0$$

Si donc les six points en présence forment la suite

$$A_1 O_1'' * * O_2'' A_2$$

ou les * * sont mis à la place de $O_1' O_2'$ ou $O_2' O_1'$ et qu'il n'y ait pas deux de ces points qui coïncident, l'inégalité (19) est suffisante pour que $A_1 A_2$ soit un maximum ou minimum. Le maximum se distingue du minimum comme dans les cas de deux courbes et d'une courbe et d'une surface. Il y a maximum si les centres sont entre A_1 et A_2 , et minimum dans le cas contraire.

CONCLUSION

Maintenant que nous avons établi les diverses conditions qui régissent les maxima et minima de la distance rectiligne de deux courbes, ou d'une courbe et d'une surface, ou de deux surfaces, il convient que nous cherchions à unir ces différents résultats et à en déduire une règle générale qui, si c'est possible, les embrasse tous ou qui tout au moins comprenne les trois cas généraux. A cet effet, récapitulons brièvement les résultats obtenus :

1° La distance $A_1 A_2$ de deux courbes $C_1 C_2$ est un maximum ou minimum si

$$(O_1 O_2 A_2 A_1) - \cos^2 A \geq 0$$

ce qui exige que l'on puisse aller de A_1 en A_2 en passant par O_1 et O_2 .

2° La distance $A_1 A_2$ d'une courbe C_1 à une surface S_2 est un maximum ou minimum si l'on peut aller de A_1 en A_2 en passant par $O_1 O_2' O_2''$, de manière à ce que l'on rencontre O_2'' en dernier lieu et que

$$(O_1 O_2' O_2'' A_1) - \cos^2 A \geq 0$$

3° La distance $A_1 A_2$ de deux surfaces S_1 et S_2 est un maximum ou minimum si l'on peut aller de A_1 en A_2 en rencontrant tout d'abord O_1'' , puis O_1' et O_2' dans un ordre quelconque, et enfin O_2'' , et que

$$(O_1' O_2' O_2'' O_1'') - \cos^2 A \geq 0$$

Les deux premiers cas que nous venons de récapituler se ramènent évidemment au troisième, si nous regardons un élément de courbe en général comme étant un élément de surface dont l'un des rayons de courbure principaux est nul; considérons par

exemple la courbe C_1 ; le plan normal à C_1 et passant par $A_1 A_2$ doit simuler le plan qui fournit une section normale principale C_1'' ayant un rayon de courbure nul et un centre de courbure O_1'' qui coïncide avec A_1 ; l'autre plan normal principal est perpendiculaire au premier; il passe par la tangente à C_1 en A_1 , mais il est susceptible de prendre autour de cette droite une position quelconque; nous le supposerons toujours passant par A_2 , de sorte que le plan tangent à la surface C_1 pourra être considéré comme normal à $A_1 A_2$; le centre de courbure relatif à ce dernier plan normal sera évidemment O_1 , qui n'est autre chose que le centre de courbure de la projection de C_1 sur ce plan; si la courbe C_1 est regardée comme section oblique de la surface qu'elle représente, la position de O_1 est exactement celle qui aurait été donnée par le théorème de Meunier, en le supposant applicable à une telle surface. Si nous changeons donc la dénomination du centre O_1 en O_1' et celle du centre A_1 en O_1'' , comme nous l'avons déjà indiqué, et si nous introduisons des notations analogues pour C_2 , nous voyons que les deux premiers cas rentrent entièrement dans le troisième.

Les remarques que nous venons de faire donnent lieu aux théorèmes suivants :

Pour vérifier si la distance de deux points qui appartiennent respectivement à deux courbes données ou à une courbe et une surface, la (ou les) courbe devra être en général regardée comme une surface dont l'un des rayons de courbure principaux est nul et au sujet de laquelle le théorème de Meunier est applicable.

Ceci étant admis,

Pour que la distance rectiligne de deux points $A_1 A_2$ qui appartiennent respectivement à deux surfaces S_1 et S_2 soit un maximum ou minimum, il faut que les conditions suivantes soient remplies :

1° *Que la droite $A_1 A_2$ coupe normalement les deux surfaces aux points A_1 et A_2 .*

2° *Qu'en parcourant en une seule fois et toujours dans la même direction la droite indéfinie $A_1 A_2$, l'on puisse aller de A_1 en A_2 en passant par les quatre centres de courbure principaux $O_1' O_1'' O_2' O_2''$ des surfaces pour les points $A_1 A_2$, et qu'en opérant ce parcours, le premier centre que l'on rencontre se rapporte à la surface S_1 ($: O_1''$), le dernier à la surface S_2 ($: O_2''$).*

3° Que

$$(O_1' O_2' O_2'' O_1') - \cos^2 A \underline{\underline{> 0}}$$

A étant l'un des angles que forment entre elles les sections normales principales des surfaces S_1 et S_2 aux points A_1 et A_2 et se rapportant aux centres O_1' et O_2' ou aux centres O_1'' et O_2'' .

Ces conditions sont suffisantes si la troisième d'entre elles se vérifie par une inégalité.

Enfin, si en suivant le parcours indiqué dans la condition (2°) on est obligé de passer par l'infini, il ne peut y avoir que minimum; dans le cas contraire, il ne peut y avoir que maximum.

Nous voyons donc que les trois problèmes généraux peuvent être condensés en un seul, ce que l'on pouvait déjà supposer, mais que l'on ne pouvait pas dire à priori d'une manière certaine.

Les deux premières conditions du maximum et du minimum peuvent être vérifiées immédiatement sur le vu des six points fondamentaux; quant à la troisième, elle peut exiger soit le calcul d'un rapport anharmonique, soit une petite construction géométrique que nous allons faire connaître. Cette troisième condition est représentée par l'inégalité

$$(O_1' O_2' O_2'' O_1'') - \cos^2 A \underline{\underline{> 0}}$$

Nous savons (page 18) que les quatre centres doivent former l'une des deux suites

$$O_1'' O_1' O_2' O_2''$$

$$O_1'' O_2' O_1' O_2''$$

Considérons le premier de ces deux cas. Les quatre centres étant dans l'ordre $O_1'' O_1' O_2' O_2''$ peuvent aussi être regardés comme formant la suite

$$O_1' O_2' O_2'' O_1''$$

et l'on a toujours

$$(O_1' O_2' O_2'' O_1'') > 1$$

de sorte que, les deux premières conditions étant remplies, la troisième l'est aussi, et il y a toujours maximum ou minimum. Donc :

Les deux premières conditions étant remplies, si l'on peut aller de l'un à l'autre des centres principaux de l'une des surfaces sans passer par l'un des centres principaux de l'autre surface, il y a nécessairement maximum ou minimum.

Occupons-nous maintenant du deuxième cas où les quatre centres se trouvent dans l'ordre suivant :

$$O_1'' O_2' O_1' O_1''$$

La valeur du rapport anharmonique est alors toujours comprise entre 0 et 1. Nous allons montrer comment on peut trouver cette valeur par une construction géométrique; dans les figures 4, nous avons disposé cette construction pour les quatre cas différents qui peuvent se présenter. Elle consiste dans la recherche d'un point M tel que les angles $O_1' MO_1''$ et $O_2' MO_2''$ soient des angles droits; M doit donc être un point quelconque de l'intersection des deux sphères ayant $O_1' O_1''$ et $O_2' O_2''$ comme diamètres. La valeur du rapport anharmonique que nous recherchons est :

$$(O_1' O_2' O_2'' O_1'') = (M. O_1' O_2' O_2'' O_1'') = \frac{\sin O_1' MO_2''}{\sin O_2' MO_2''} : \frac{\sin (O_1' MO_1'')}{\sin (O_2' MO_2'')}$$

Ce rapport a, pour les quatre cas que nous avons distingués dans notre figure, les valeurs :

$$(I) \quad \frac{\cos \gamma}{\sin \frac{\pi}{2}} : \frac{-\sin \frac{\pi}{2}}{-\cos \gamma} \qquad (II) \quad \frac{\cos \gamma}{\sin \frac{\pi}{2}} : \frac{\sin \frac{\pi}{2}}{\cos \gamma}$$

$$(III) \quad \frac{\cos \gamma}{-\sin \frac{\pi}{2}} : \frac{\sin \frac{\pi}{2}}{-\cos \gamma} \qquad (IV) \quad \frac{-\cos \gamma}{-\sin \frac{\pi}{2}} : \frac{-\sin \frac{\pi}{2}}{-\cos \gamma}$$

Ces expressions sont les mêmes et égales à :

$$(O_1' O_2' O_2'' O_1'') = \cos^2 \gamma$$

La troisième condition générale du maximum ou minimum prend donc la forme :

$$\cos^2 \gamma - \cos^2 A \geq 0$$

Elle est ainsi ramenée à la comparaison des angles γ et A . γ est l'angle aigu que forment entre eux les rayons se dirigeant de M sur deux centres principaux n'appartenant pas à la même surface. A étant l'un quelconque des quatre angles que forment entre eux deux plans donnés, nous pouvons aussi le supposer aigu. D'après ces hypothèses, on devra donc avoir, pour qu'il y ait maximum ou minimum :

$$\gamma \underset{=}{<} A$$

Nous voyons donc que :

En général, pour reconnaître si une normale commune à deux surfaces (qui peuvent se réduire à des courbes ou des points) est une distance maximale ou minimale de ces deux surfaces, il suffit de considérer la position relative des centres de courbure principaux de ces dernières, et, si cela ne permet pas de conclure, de comparer deux angles dont l'un est donné et dont l'autre est très facile à construire au moyen de la règle et du compas.



Fig. 1

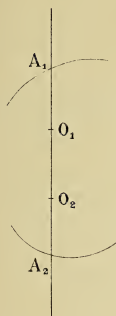


Fig. 2.

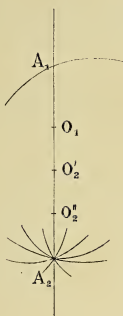


Fig. 3.

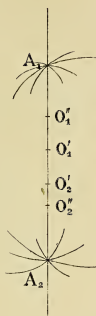


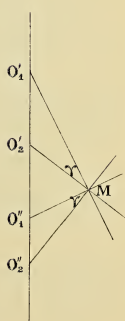
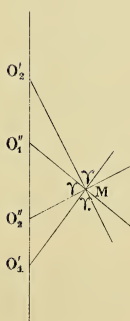
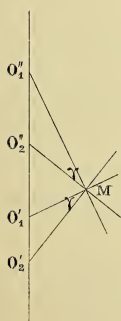
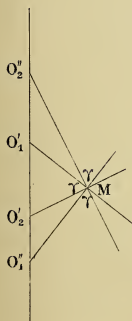
Fig. 4.

I

II

III

IV



NOTE SUR UN VEAU MONSTRUEUX

par Ed. BUGNION

Ce veau, présenté dans la séance du 15 juin, offre, ainsi qu'on l'observe quelquefois, plusieurs anomalies réunies sur le même individu, savoir :

1° Une *ménincoèle* volumineuse, soit présence dans la région de la calotte crânienne d'une poche remplie de liquide, de la grosseur d'une tête d'homme environ, multiloculaire, constituée par la dure-mère et par la peau, plus développée à droite qu'à gauche, de manière à pendre comme une bourse au côté droit de la tête. L'ossification s'étant arrêtée à la base de la poche, on sent en arrière, au travers de ses parois, la pointe supérieure ou lambda de l'occipital, à peu près normalement développé, et de chaque côté les rudiments du frontal et du pariétal se terminant par un bord très net, comme les arcs des vertèbres dans le spina bifida. En fendant la poche, on constate qu'elle est formée par la dure-mère, parfaitement lisse à l'intérieur, et que la substance cérébrale est réduite en avant du tentorium à quelques rudiments englobés dans les filaments de la pie-mère et trop ramollis pour pouvoir être distingués nettement; le cervelet et la moelle allongée sont, au contraire, assez bien formés.

2° Un arrêt de développement de la mâchoire inférieure, réduite aux deux tiers environ de sa dimension normale.

3° Un arrêt de développement des membres antérieurs, ces parties étant représentées de chaque côté par un petit bourgeon conique, long de 3 centimètres, recouvert par la peau et dépourvu de pièces osseuses ou cartilagineuses à l'intérieur.

4° Une hernie ombilicale, avec procidence de l'estomac (caillette) et d'une portion de l'intestin grêle, dans le pédicule amniotique dilaté.

5° Une malformation du bassin, avec arrêt de développement des cartilages pubiens et rapprochement anormal des articulations coxofémorales, au point que les fémurs, qui ont subi une rotation en dedans, se touchent par leurs faces externes.

6° Un double pied bot des membres postérieurs, les doigts étant repliés en flexion forcée.

7° Enfin, dans la région lombaire droite, se trouve un *nævus* long de 10 centim. sur 5, formé d'un bourrelet de peau épaissi, proéminent et plissé sur lui-même.

Ce veau, un fœtus du sexe féminin, a été expulsé à l'âge de 8 mois par une vache qui avait déjà mis bas précédemment deux produits monstrueux. Les annexes n'ont malheureusement pas été conservées.

La pièce, qui fait partie de notre collection anatomique, a été obtenue de M. Valet, agriculteur à Renens, grâce à l'obligeante intervention de M. Bieler.

LIBRAIRIE F. ROUGE

Rue Haldimand, 4, Lausanne.

CATALOGUE DE LA FLORE VAUDOISE

par DURAND & PITTIER

Troisième fascicule : 2 fr. 50.

L'ouvrage est maintenant complet en 3 fascicules, prix : 7 fr. 50.

Les fascicules 1 et 2 ne se vendent plus séparément.

Carte archéologique du canton de Vaud, accompagnée d'un texte explicatif, par le baron DE BONSTETTEN 6 fr. 50

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE

à 3 fr. 50 le volume.

Nouvelle collection de volumes in-16, comprenant 300 à 400 pages, imprimés en caractères elzéviens et illustrés de figures intercalées dans le texte.

Le somnambulisme provoqué. Études physiologiques et psychologiques, par H. BEAUNIS, professeur à la Faculté de Nancy. 1 vol. in-16 avec figures. (*Deuxième édition.*)

Magnétisme et hypnotisme. Exposé des phénomènes observés pendant le sommeil nerveux provoqué, avec un résumé historique du magnétisme animal, par le Dr A. CULLÈRE. 1 vol. in-16, avec 28 figures. (*Deuxième édition.*)

Hypnotisme, double conscience et altération de la personnalité, par le Dr AZAM, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux. 1 vol. in-16 avec figures.

Le secret médical. Honoraires, mariage, assurances sur la vie, déclaration de naissance, expertise, témoignage, etc., par P. BROUARDEL, professeur à la Faculté de Paris. 1 vol. in-16.

La coloration des vins par les couleurs de la houille. Méthode analytique et marche systématique pour reconnaître la nature de la coloration, par P. CAZENEUVE, professeur à la Faculté de Lyon. 1 vol. in-16, avec 1 planche.

Microbes et maladies, par J. SCHMIDT, professeur agrégé à la Faculté de Nancy. 1 vol. in-16, avec 24 figures.

Les abeilles. Organes et fonctions, éducation et produits, miel et cire, par Maurice GIFARD, président de la Société entomologique de France. 1 vol. in-16, avec 30 figures et 1 planche coloriée. (*Deuxième édition.*)

Les pygmées des Anciens, d'après la science moderne, les Negritos ou pygmées asiatiques, les Negrillos ou pygmées africains, par A. DE QUATREFAGES, professeur au Muséum, membre de l'Institut. 1 vol. in-16, avec figures.

Névrose et nervosisme. Hygiène des éternés et des névropathes, par le Dr A. CULLÈRE. 1 vol. in-16.

La suggestion mentale et l'action des médicaments à distance, par MM. les Drs BOURRU et BUROT, professeurs de l'Ecole de médecine de Rochefort. 1 vol. in-16.

Le lait. Etudes chimiques et microbiologiques, par DUCLAUX, professeur à la Faculté des sciences de Paris, et à l'Institut agronomique. 1 vol. in-16, avec figures.

Sous les mers. Histoire des explorations sous-marines, par le marquis DE FOLIN, membre de la Commission des Dragages. 1 vol. in-16, avec fig.

La galvanoplastie, par E. BOUANT, agrégé des sciences physiques. 1 vol. in-16, avec figures.

L'homme avant l'histoire, par Ch. DEBIÈRE.

LIBRAIRIE F. ROUGE

Rue Haldimand, 4, Lausanne.

BIBLIOTHÈQUE DE PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Les maladies de la personnalité, par Th. RIBOT	2 fr. 50
Les maladies de la mémoire, par Th. RIBOT	2 fr. 50
La matière brute et la matière vivante, par J. DELBŒUF	2 fr. 50
Les maladies de la volonté, par Th. RIBOT	2 fr. 50
Les preuves du transformisme, par HÆCKEL	2 fr. 50

MUSÉE SCOLAIRE DEYROLLE

Chaque volume est accompagné d'un nombre très considérable de planches ou de figures; leur exécution, très soignée, permet de reconnaître à première vue tous les sujets.

OUVRAGES PARUS :

Mammifères, par le Dr TROUESSART, 143 fig. dans le texte . .	3 fr. 50
Hémiptères, punaises, cigales, pucerons, cochenilles, par L. FAIR- MAIRE	3 fr.
Lépidoptères (papillons), par E. BERCE. 27 planches en couleurs .	5 fr.
9 planches	3 fr.
Mollusques (bivalves), tuniciers, bryozoaires, par A. GRANGER. 18 plan- ches	4 fr.

AIDE-MÉMOIRE DE L'INGÉNIEUR

Edition française du manuel **LA HUTTE**, par Philippe HUGUENIN.

In-12 de 1188 pages. Nombreuses figures dans le texte, 15 fr.

Mathématique. — Mécanique. — Physique et chimie. — Résistance des matériaux. — Statique des constructions. — Eléments des machines. — Machines motrices. — Constructions navales. — Chemins de fer. — Machines-outils. — Machines élévatoires. — Technologie. — Métallurgie. — Constructions civiles.

BIBLIOTHÈQUE

DE

L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Publiée sous la direction de M. A. Müntz,
professeur à l'Institut national agronomique.

OUVRAGES PARUS :

Herbages et prairies naturelles, un volume de 786 pages, avec 120 figures, par M. BORTEL, inspecteur général de l'enseignement agri- cole	8 fr.
Les plantes vénéneuses et les empoisonnements qu'elles déterminent, volume de 524 pages, avec 60 figures, par M. CORNEVIN, professeur à l'Ecole vétérinaire de Lyon	6 fr.

SOUS PRESSE :

Fumiers, engrais, amendements, par MÜNTZ et GIRARD.
Méthodes de reproduction en zootechnie, par M. BARON.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES SCIENCES NATURELLES

3^e S. — Vol. XXIII.

N^o 97.

Publié, sous la direction du Comité, par M. F. Roux.

Avec 4 planches. — Prix : 3 fr.

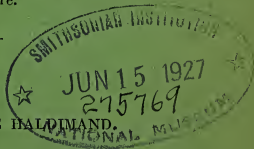
Contenu :	Pages
J. DUFOUR. — Notice sur quelques maladies de la vigne	129
E. CHUARD. — Note sur la présence du cuivre dans le vin des vignes sulfatées et sur le mécanisme de son élimination	146
J.-B. SCHNETZLER. — Observations sur une matière colorante des eaux du lac de Bret	152
H. PITTIER. — Le <i>Cardamine trifolia</i> L. dans la Suisse occidentale	156
J.-B. SCHNETZLER. — Sur les différents modes de reproduction du <i>Thamniun alopecurum</i>	161
F. ROUX. — Interrupteur électrique J.-E. Lecoultré (Pl. VI, VII et VIII) . .	164
F.-A. FOREL. — Les micro-organismes pélagiques des lacs subalpins . . .	167
M. LUGEON. — Notice sur la molasse de la Borde (Pl. IX)	173
Ed. SCHMIDT. — Analyses de jus de raisins de Montreux et de Villeneuve .	176
A. HERZEN. — De la nature des mouvements fonctionnels du cœur	177
L. GAUTHIER. — Les températures excessives observées à la Vallée du lac de Joux, en janvier et février 1888	205
E. GOLLIEZ. — Rapport de la Commission de contrôle sur 1886, suivi du Résumé des comptes et du bilan, par L. Pelet	209
PROCÈS-VERBAUX, de novembre 1886 à juillet 1887.	
LIVRES REÇUS, de novembre 1886 à novembre 1887.	

(Chaque auteur est responsable de ses écrits.)

AVIS IMPORTANT. — On est prié de tenir compte des avis insérés à la seconde page de la couverture.

LAUSANNE
LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HALDIMAND.

Junin 1888.



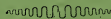
COMITÉ POUR 1888

BLANC, H., prof. (Clos-Rosiers, 1),	<i>Président</i> ,	Lausanne.
CHUARD, E., prof., laborat. du Tunnel,	<i>Vice-Président</i> ,	id.
BUGNION, Ed., Dr (Grand-Chêne, 1),		id.
FOREL, F.-A., prof.,		Morges.
DUFOUR, Jean, docteur,		Lausanne.



BIBLIOTHÈQUE

Montée de St-Laurent, N° 22, maison de la Société de consommation, ouverte le MERCREDI et le SAMEDI, en été de 2 à 6 h. du soir, en hiver de 2 à 5 h., sauf pendant les séances.



Bibliothécaire : M. L. MAYOR, prof. (Boulevard industriel).
Editeur du Bulletin : » F. ROUX, Directeur de l'Ecole industrielle (La Source, Cour).
Secrétaire-caissier : » KRAFFT, H., prof. (Châlet-Beaulieu).

AVIS

I. Les personnes qui désirent publier des travaux dans le Bulletin sont priées de tenir compte des observations suivantes :

1° Tout manuscrit doit être adressé à l'*éditeur du Bulletin*. Il doit contenir l'adresse de l'auteur, l'indication du nombre d'exemplaires qu'il désire comme tirage à part, et celle du nombre de planches ou tableaux hors texte qui accompagnent le mémoire.

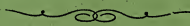
2° Il ne sera fait de tirage à part d'un travail que sur la demande expresse de l'auteur.

3° Les tirages d'auteurs peuvent être remis à leurs propriétaires avant que le Bulletin ait paru.

II. Nous rappelons aux Sociétés correspondantes que la *Liste des livres reçus*, publiée à la fin du volume, sert d'accusé de réception pour les publications qu'elles échangent avec nous.



On est prié de s'adresser à la librairie F. ROUGE pour la rectification des adresses qui ne seraient pas exactes.



NOTICE

SUR

QUELQUES MALADIES DE LA VIGNE

Le black-rot, le coïtre et le mildiou des grappes,

par M. Jean DUFOUR

Une nouvelle maladie de la vigne, d'origine américaine : le *black-rot*, a fait beaucoup parler d'elle dans l'année qui vient de s'écouler. Découverte pour la première fois en Europe en 1885, cette pourriture noire des raisins a pris l'an dernier un développement considérable dans plusieurs départements du midi de la France, ainsi dans le Lot, Lot-et-Garonne, dans le Tarn, l'Aveyron, le Cantal, etc. Elle a fait dans ces grands vignobles des ravages très sérieux, détruisant ici le tiers, là les trois quarts, sur quelques points même la presque totalité de la récolte.

A peu près à la même époque, au commencement d'août dernier, on signalait dans la Suisse romande, puis en France et en Italie, l'apparition d'une autre maladie des raisins, d'une sorte de pourriture dont les effets désastreux occupèrent assez longtemps la presse viticole et même les journaux politiques. Dans le canton de Vaud, cette maladie était connue depuis longtemps sous les noms de *coïtre* ou *maladie de la grêle*. Souvent, en effet, l'apparition de cette pourriture est précédée d'une chute de grêle, et le vigneron sait fort bien, par expérience, que les dégâts causés par la grêle, d'insignifiants qu'ils sont souvent par eux-mêmes, deviennent terribles lorsque la maladie du coïtre se déclare.

Mais il existe encore une troisième altération des raisins, qui offre une certaine analogie avec les deux précédentes : c'est le *mildiou des grappes*. Cette maladie est désignée, en Amérique, sous les noms de *rot gris* ou *rot brun*.

* * *

Voilà donc trois affections différentes qui peuvent se montrer sur les grappes de raisin ; trois pourritures qui ont ceci de commun qu'elles déterminent un déchet considérable dans la ré-

colte, et cela au moment où naissaient les espérances des propriétaires. Ces trois sortes de pourritures sont dues au développement de différents parasites : le black-rot a pour cause l'apparition du *Phoma uvicola* Berk. et Curt.; le coître est provoqué par le *Coniothyrium diplodiella* Sacc. (appelé aussi *Phoma diplodiella*); enfin le rot brun doit son origine au mildiou, soit au *Peronospora viticola*, de Bary.

Ces diverses maladies des raisins ont été bien souvent confondues entre elles, et cela n'a rien de surprenant, puisque les dégâts qu'elles produisent sont assez semblables. En Suisse, ce sont en particulier le coître et le mildiou des grappes qui ont été pris fort souvent, mais à tort, pour le vrai black-rot.

Ayant eu l'occasion de voir, au mois d'août dernier, le black-rot dans le département de l'Hérault, je voudrais donner ici une courte description de cette grave maladie, qui pourrait bien nous arriver une fois ou l'autre dans le canton de Vaud, à la suite de tant d'autres. Je voudrais, en particulier, essayer de préciser les caractères distinctifs de ces trois pourritures du raisin, en me basant pour cela, soit sur mes études personnelles, soit sur les beaux travaux des botanistes français : MM. Planchon, Prillieux, Foëx, Viala et Ravaz.

Le black-rot.

Connu depuis fort longtemps en Amérique, le black-rot ou *pourriture noire* est considéré dans ce pays comme l'un des plus terribles fléaux de la vigne, et cela surtout dans les années pluvieuses et dans les localités où règne une grande humidité de l'air. Le parasite se développe moins dans les endroits secs. En France, la maladie est apparue surtout dans les vallées bien arrosées. Ainsi à Ganges, petite localité située sur l'Hérault, entre Nîmes et le Vigan, la plupart des vignes attaquées du black-rot sont irriguées, ou même soumises à la submersion, en vue du phylloxéra.

Le parasite (*Phoma uvicola*) attaque les grappes d'une manière assez irrégulière. Le plus souvent, ce sont des grains isolés qui présentent d'abord les symptômes de la maladie et qui arrivent même au dernier degré de pourriture sèche, sans que les baies voisines soient atteintes. Cependant, j'ai trouvé aussi à Ganges des grappes où un grappillon entier était attaqué dans toutes ses parties.

Au début, l'altération présentée par les grains est peu caractéristique. C'est une sorte de meurtrissure, de tache rouge, un peu enfoncée, qui apparaît à la surface du grain. Mais bientôt toute la pulpe est envahie par le mycelium du champignon, et alors se montrent les signes particuliers du black-rot : en quelques jours, le grain se dessèche, la pulpe disparaît, et cela non pas par l'effet d'une pourriture humide, mais par une sorte de dessèchement progressif. Le grain diminue rapidement de volume ; la peau se plisse, tout en prenant une couleur d'un noir violacé ou noir bleuâtre, qui rappelle assez celle des pruneaux secs. Cependant, l'éclat des grains atteints de black-rot est plus métallique ; il est si caractéristique qu'on ne l'oublie pas lorsqu'on a pu le voir sur place.

Enfin, de nombreuses petites pustules *noires*, parfaitement visibles à l'œil nu, apparaissent à la surface des grains. Si on examine ces pustules au microscope, on reconnaît facilement que ce sont des conceptacles qui contiennent les spores du parasite. Les uns renferment des spores ovoïdes, des *stylospores* ; les autres, extérieurement très semblables aux précédents, contiennent des spores plus petites, qui ont la forme de bâtonnets ou de bacilles, ce sont des *spermaties*.

Au bout de quelques jours, le grain est donc entièrement desséché, la pulpe a disparu ; la peau ridée et appliquée contre les pépins a pris une couleur noire et un aspect chagriné, par suite de la présence des nombreuses petites pustules noires. Eh bien, à ce moment-là, on trouve très souvent le pédicelle parfaitement sain et vert ; en un mot, *la maladie ne se transmet pas avec une grande facilité de proche en proche, par l'intermédiaire de la râfle*.

Ce caractère me paraît être l'un des plus marquants et des plus nets de ceux qui différencient la maladie qui nous occupe. Nous verrons bientôt qu'il en est tout autrement chez le coître.

Le parasite (*Phoma uvicola*) ne vit pas seulement sur les raisins ; il attaque aussi les feuilles et y détermine la formation de taches brunes, arrondies, où le tissu se dessèche complètement. Il est impossible de confondre ces taches avec celles que produit le mildiou. Leurs contours très nettement accusés, l'absence de la teinte jaune que prend sur une certaine étendue la feuille atteinte de mildiou, enfin, la présence ordinaire de petits points noirs sur les taches les différencient très nettement de celles provoquées par le *Peronospora*. On pourrait plutôt confondre ces

taches du black-rot avec celles produites par ce que nous appelons chez nous le *brûlon*, c'est-à-dire avec les brûlures qui se montrent parfois sur les feuilles à la suite des rosées froides. Soit dit en passant, ce *brûlon* est connu depuis très longtemps dans nos vignobles, et il n'est pas étonnant que, dans les premiers temps de l'apparition du mildiou, on ait pris cette dernière maladie pour un simple et vulgaire *brûlon*.

Mais revenons-en au black-rot. D'après les indications de MM. Prillieux et Viala, les taches de black-rot apparaissent sur les feuilles *près d'un mois* avant que la maladie ne se déclare sur les raisins. Le parasite tombe, pour ainsi dire, des pampres sur les fruits.

Lors de ma visite à Ganges, la saison était déjà un peu avancée, c'était le 18 août, et il m'a fallu chercher passablement, avant de trouver des feuilles atteintes. De plus, la recherche était rendue difficile, par le fait que de nombreuses taches de mildiou jaunissaient les feuilles et masquaient ainsi les taches de black-rot. Cependant, j'ai pu vérifier sur quelques souches d'Aramon ce fait signalé par M. Prillieux : lorsque l'on trouve une souche dont les feuilles portent les taches caractéristiques du black-rot, les grappes qui sont au-dessous sont presque toujours atteintes de la pourriture noire.

A Ganges et dans la vallée de l'Hérault, les dégâts causés en 1887 par le black-rot ont été d'ailleurs peu considérables, et ils ne sont pas à comparer avec ceux que ce même parasite a occasionnés dans les départements du centre sud, ainsi dans les environs d'Agen, de Montesquieu, d'Aiguillon, de Figeac, etc., où la récolte a été presque complètement détruite dans certaines vignes.

En 1885, lors de la première découverte du black-rot en France, on avait essayé de pratiquer à Ganges un traitement d'extinction pour étouffer en germe la maladie. On avait brûlé les sarments, flambé et badigeonné les souches, désinfecté le sol. Mais la maladie n'en apparut pas moins l'année suivante, et aujourd'hui qu'il existe non plus seulement un seul foyer d'infection, mais que plusieurs départements sont envahis sur une grande surface, il n'est plus question naturellement de faire des traitements d'extinction.

La maladie s'étendra sans doute encore à l'avenir ; peut-être la verrons-nous un jour dans le canton de Vaud, mais à ce moment, nous serons, je l'espère, en possession d'un remède qui

nous permettra de lutter efficacement contre le black-rot. Des études faites récemment en France, il semble, en effet, découler ce fait d'une capitale importance pour la pratique : que les sels de cuivre, appliqués préventivement, détruisent les spores du *Phoma uvicola* comme celles du mildiou. Ainsi, selon toutes probabilités, les deux maladies pourront être combattues en même temps, à l'aide des mêmes procédés.

Le coître.

Cette maladie est déterminée par le développement d'un champignon parasite, le *Coniothyrium diplodiella*. M. Planchon a proposé dernièrement pour la désigner le nom de *rot livide* ; on l'a nommée aussi le *rot blanc*.

Le caractère essentiel du coître réside dans le fait que *la pourriture attaque non-seulement les grains, mais la râfle*. L'altération se propage avec une déplorable facilité par l'intermédiaire des pédoncules et du manche de la grappe. Tandis que le black-rot peut faire flétrir des grains isolés, au milieu d'une grappe d'ailleurs saine, le coître détruit constamment toute une partie de la grappe, le plus souvent la partie inférieure, quelquefois un grappillon du haut.

J'ai remarqué aussi assez souvent des grappes dont une petite portion seulement était envahie par le parasite, mais qui n'en étaient pas moins absolument perdues. En effet, lorsque le *Coniothyrium* vient à désorganiser la râfle sur un point, la circulation de la sève est interceptée, et toute la partie inférieure de la grappe de raisins, ne recevant plus l'eau et les suc nutritifs nécessaires à son alimentation, se dessèche.

Si le manche de la grappe est fortement atteint sur un point, le raisin peut même tomber à terre, par l'effet de son propre poids. Souvent il suffit de toucher la grappe pour qu'elle vous reste dans la main.

Ailleurs, la grappe, bien que fortement atteinte, ne tombe pas, mais reste attachée au cep. Ainsi, dans le courant de décembre 1887, on trouvait encore dans les vignes des environs de Lausanne, de Pully, de Lutry, un grand nombre de souches portant des grappes complètement desséchées et sur lesquelles il était facile de reconnaître les pustules grises du *Coniothyrium*.

Nous pouvons donc distinguer plusieurs degrés différents dans l'envahissement des grappes par le coître : il peut y avoir pour-

riture de tout ou partie de la grappe sous l'action *directe* du parasite qui se propage dans son intérieur. Il peut y avoir aussi perte de la grappe entière par le fait de la désorganisation complète de la râfle en un point.

Tous ces divers cas ont été observés dans le canton de Vaud, comme aussi dans le vignoble genevois. Mais l'endroit où j'ai eu l'occasion de voir les dégâts les plus considérables causés à la récolte par le fait de la chute prématurée des grappes, c'est dans cette même vallée de l'Hérault où le black-rot a fait son apparition. Ainsi à Ganges, les ravages du *Coniothyrium* m'ont paru être beaucoup plus considérables que ceux du black-rot. J'y ai vu ramasser de pleins paniers de magnifiques grappes d'Aramon qui jonchaient le sol au pied des ceps.

Le *Coniothyrium diplodiella* détermine une vraie *pourriture* humide et fétide des grains. La pulpe devient plus jûteuse qu'à l'état normal ; les grains s'écrasent sous l'influence d'une légère pression. Quelle différence avec le *dessèchement* des grains causé par le black-rot !

Les changements de colorations présentés par les grains ne sont pas moins caractéristiques. Les grains atteints du coître prennent d'abord une couleur d'un brun pâle ou brun fauve, puis une teinte livide, « on dirait presque cadavérique, d'un blanc-jaunâtre terne », dit excellemment M. Planchon. Enfin les grains se flétrissent et se dessèchent ; la pulpe disparaît.

Un peu plus tôt ou un peu plus tard, souvent alors que le grain est encore gonflé et arrondi, apparaissent à sa surface de très petites pustules dont la couleur varie du gris-blanchâtre au rose-brun. Elles renferment de nombreuses spores ovoïdes qui présentent ce caractère, commun du reste à beaucoup de cryptogames, mais qui n'existe cependant pas chez les spores du black-rot : elles brunissent au contact de l'air.

Les pustules grises ne se forment pas seulement à la surface du grain, mais elles apparaissent également sur les pépins, où on les trouve souvent en parfait état de développement.

* * *

Quelle relation y a-t-il entre les chutes de grêle et l'apparition du coître ?

Nous disions, en commençant, que le coître était appelé souvent *maladie de la grêle* ; ce nom doit avoir sa raison d'être.

Si l'on consulte sur ce point l'expérience des vignerons du

canton de Vaud, on doit admettre le fait que la maladie apparaît le plus souvent à la suite de la grêle¹. En somme, le dommage effectif causé par la grêle n'est pas toujours en rapport avec l'abondance ou la durée de la chute. Il faut compter avec un autre facteur : l'apparition du coître. Si l'état de maturité du raisin, si les circonstances atmosphériques sont favorables au développement du parasite (le *Coniothyrium*), la maladie se déclare, et suivant son intensité, le dommage effectif sera plus ou moins considérable.

Mais, si le parasite est là, pourquoi ne se développe-t-il pas plus tôt? Pourquoi n'envahit-il pas les grappes, d'une manière générale et constante, même dans les années où il n'y a pas de chutes de grêle?

Je serais tenté de m'expliquer la chose de la manière suivante :

Tous les parasites ne sont pas doués au même degré du pouvoir d'envahir et de détruire des plantes vivantes. Nous connaissons un certain nombre de formes qui sont capables d'attaquer des plantes en parfait état de santé, des formes dont les spores, en germant, donnent naissance à des filaments qui transpercent les tissus ou entrent par les stomates, qui pénètrent en un mot *par effraction* dans des feuilles, dans des tiges absolument saines. Telles sont beaucoup de Péronosporées, entre autres le mildiou. Telles sont aussi les Uredinées, c'est-à-dire les champignons qui causent, chez un grand nombre de plantes, la maladie de la *rouille*.

Mais il est une autre catégorie de parasites, moins bien armés peut-être pour la lutte de l'existence, et qui n'ont pas la faculté de pénétrer ainsi violemment dans l'intérieur de la plante qui doit leur servir d'habitation. Il faut des circonstances particulièrement favorables pour qu'ils puissent prendre pied dans la plante nourricière. Pour ne citer qu'un exemple, il y a beaucoup de gros champignons parasites des arbres fruitiers et forestiers, ainsi des *Trametes*, des *Polyporus*, qui ne peuvent pas pénétrer dans le bois au travers de l'écorce. Mais lorsqu'une blessure du tronc, une cassure de branche, par exemple, permet au mycelium de pénétrer directement dans le bois, le parasite se propage dès lors facilement dans l'intérieur des tissus, en déterminant une pourriture et une désorganisation complètes des fibres.

¹ De là, l'idée assez répandue dans certaines contrées viticoles que la grêle a un venin particulier, qu'elle communique aux grains touchés.

Appellerons-nous ces organismes des *saprophytes*, c'est-à-dire des champignons qui se nourrissent seulement aux dépens de matières organiques en décomposition? Evidemment non! Ce sont aussi des *parasites*, puisqu'ils peuvent entrer dans des tissus absolument sains, et les détruire par l'action qu'ils exercent autour d'eux. Seulement, ce sont des parasites à action restreinte. Ils ne peuvent attaquer les plantes que dans certaines conditions.

Eh bien, s'il est prouvé que le coître se développe principalement après la grêle, nous pourrions, je crois, nous expliquer la chose en admettant que le *Coniothyrium diplodiella* ne pénètre pas facilement dans les grappes de raisin intactes, revêtues de toutes parts de leur cuticule, mais *qu'il profite des blessures causées par la grêle pour pénétrer dans l'intérieur des tissus*.

Il se peut que la maladie survienne aussi sans chute de grêle préalable. Il se peut que certaines variétés soient plus exposées que d'autres aux attaques du parasite, comme nous le voyons pour beaucoup de maladies cryptogamiques. Dans tous les cas, il pourrait exister d'autres causes prédisposantes qui permettent au champignon de pénétrer dans les grappes, ainsi des blessures accidentelles, ou bien encore celles causées par des animaux parasites. Il a été observé entre autres plus d'une fois, dans le canton de Vaud, que les grains atteints par le « ver de la vigne » (*Cochylis*) peuvent servir de point de départ à une pourriture qui envahit une partie de la grappe.

* * *

Nous avons toujours raisonné jusqu'ici dans l'hypothèse que le coître était vraiment une maladie parasitaire, due au *Coniothyrium diplodiella*. Ceci n'est point admis par tous. D'après MM. Viala et Ravaz, les auteurs de travaux très intéressants et très consciencieux sur les diverses maladies de la vigne, la nature parasitaire de cette affection n'est point absolument démontrée. Il se pourrait que nous eussions affaire à un simple saprophyte, à un organisme qui vient se fixer sur des tissus déjà altérés par une autre cause encore peu connue.

Je ne puis partager, sur ce point, l'opinion de MM. Viala et Ravaz. Je crois, au contraire, avec M. Prillieux, que le *Coniothyrium* est un vrai parasite, qu'il est la cause essentielle de la maladie.

Sa présence constante dans les grappes atteintes du coître,

et cela dans des régions aussi éloignées les unes des autres que le sont l'Hérault, la Vendée et le canton de Vaud; l'influence désorganisée exercée rapidement sur les tissus par le *Coniothyrium*, tout cela me semble montrer qu'il est plus qu'un simple saprophyte.

En dernier ressort c'est à l'expérience directe d'inoculation qu'il faut naturellement demander la preuve de la nature parasitaire de la maladie. Les essais tentés dans cette direction paraissent avoir donné des résultats assez contradictoires. Tandis que MM. Prillieux et Pirotta disent avoir inoculé artificiellement la maladie à l'aide des spores du *Coniothyrium*, MM. Viala et Ravaz, à Montpellier, et M. Cavara en Italie, déclarent avoir obtenu jusqu'ici des résultats négatifs. MM. Viala et Ravaz ajoutent, il est vrai : « Toutefois ces essais n'ont pas été assez nombreux pour que nous puissions en tirer dès maintenant une conclusion définitive. »

Les circonstances ne m'ont pas permis de faire des essais d'inoculation pendant le moment où la maladie régnait dans nos vignobles, et je dois dire que les expériences que j'ai tentées plus tard, dans le courant de novembre, sur des grappes conservées, ne m'ont pas donné des résultats bien positifs. Cependant, comme ces grappes n'étaient pas dans leur état normal de végétation; comme d'autre part, les raisins inoculés en novembre avaient alors une composition chimique très différente de celle des baies encore acides au moment où la maladie sévissait (commencement d'août), je ne puis voir dans le résultat négatif de mes expériences de novembre une preuve que le *Coniothyrium* n'est pas un vrai parasite et n'est pas la cause de la maladie.

* * *

La pourriture des raisins qui se développe après les chutes de grêle est connue depuis fort longtemps dans le canton de Vaud. Je trouve, en effet, dans un livre fort curieux, intitulé : *L'Art du vigneron, pour servir de direction aux propriétaires de vignes*, par le citoyen Reymondin, livre publié à Lausanne en 1798, un chapitre qui traite : *De la maladie des raisins, suite de la grêle, et des moyens pour en diminuer les ravages*.

L'auteur décrit « la maladie contagieuse qui est une fâcheuse suite de la grêle ». Je ne résiste pas au plaisir de citer ici une partie de ce chapitre XXVI. On verra par là que les procédés

employés au siècle dernier pour diminuer les ravages de la maladie de la grêle ne différaient pas beaucoup de ceux pratiqués actuellement par nombre de vignerons.

P. 261. — « ... Quand la grêle n'a pas attaqué beaucoup de grains de raisins, on pourroit faire beaucoup de bien en coupant avec des ciseaux les grains les plus maltraités; cela empêcheroit que la maladie n'étendit autant ses ravages; car il suffit souvent qu'un grain soit seulement touché, pour faire périr toute la grappe. Quelques jours après cette opération, il faut visiter soigneusement les grappes, pour voir si elles ne sont pas attaquées par la maladie; et si elles sont endommagées, il faut retrancher la partie malade, avec cette précaution qu'il faut couper au moins un demi-pouce de la partie saine, pour éviter que la gangrène ne ronge davantage. Lorsque la queue ou la rafle ont reçu quelques coups de grêle, on pourroit encore sauver bien des grappes de raisins, en raclant adroitement la plaie occasionnée par le coup de grêle.

» Je crois qu'en employant tous ces moyens, on diminueroit beaucoup les mauvais effets de la maladie. Je sais très bien que cela demanderoit beaucoup de patience, des soins et des frais; mais on en seroit bien indemnisé par le vin qu'on auroit de plus.

» Avant de terminer ce chapitre, je dirai que la grêle n'occasionne pas toujours la maladie aux raisins; il y a des saisons où elle n'en occasionne presque point du tout, d'autres peu, et d'autres beaucoup. Quand il grêle, lorsque les raisins sont petits, avant, pendant et après la fleur, on n'a pas à craindre la maladie; mais quand ils sont un peu plus gros que des pois, on doit la craindre, surtout si le temps continue d'être humide après la grêle : quand ils sont une fois mûrs, la contagion n'est pas tout à fait aussi destructive que dans le cas précédent; mais le mal est que le coup de grêle, s'il est un peu fort, vuide le grain de raisin. »

Sans doute, on peut se demander si la « maladie de la grêle » était causée, à la fin du siècle dernier, par ce même *Coniothyrium* que nous connaissons aujourd'hui ? Les indications du citoyen Reymondin ne permettent naturellement pas de conclure. Cependant, autant que l'on peut en juger par sa courte description, les apparences de la maladie n'étaient point différentes en 1798 de ce qu'elles sont aujourd'hui. Seulement, à cette époque,

on n'avait pas l'idée de rattacher au développement de champignons parasites la pourriture des raisins.

Le nom de *coître* ne se trouve pas encore dans l'*Art du vigneron*. Il y est toujours question de la « maladie de la grêle ».

Peut-être ce nom de *coître* vient-il du verbe français *cotir*, qui signifie meurtrir et se dit seulement en parlant des fruits.

On trouvera plus loin, dans la lettre de l'un de nos correspondants, une autre opinion relativement à l'origine du nom de *coître*.

* * *

Dans le but d'obtenir des renseignements précis sur l'ancienneté du *coître* dans le vignoble vaudois, je me suis adressé à quelques viticulteurs d'expérience, lesquels ont bien voulu me faire part de leurs idées sur ce point. Avec leur autorisation, je publierai ici leurs réponses pleines d'intérêt et je profite pour remercier bien vivement mes honorables correspondants pour leur obligeance.

M. JACQUES BONJOUR, à Hauteville sur Vevey, m'écrit ce qui suit :

« Le *Cloître* (si c'est là son véritable nom) m'est connu depuis bientôt cinquante ans, et mes ancêtres le connaissaient déjà. Quelquefois cette maladie apparaît deux ou trois années de suite, tandis qu'il peut aussi s'écouler trois ou quatre ans et plus sans qu'elle fasse son apparition.

» A mon avis, la maladie causée par la grêle n'est pas absolument identique avec le *cloître*, car ce dernier commence en général par attaquer le bas de la grappe, tandis que la maladie de la grêle débute à l'endroit où le raisin a été touché, ordinairement par le haut. Cependant si la grêle se met de la partie, il va sans dire que la maladie est plus forte; il y a alors un grand nombre de grappes qui pourrissent.

» Lorsque les raisins sont clairs, c'est-à-dire peu chargés de grains, la maladie ne paraît presque jamais, tandis qu'elle se montre fréquemment lorsque les grappes sont très serrées. D'autre part, j'ai souvent remarqué que ce sont les vignes bien entretenues en engrais qui sont le plus atteintes, et particulièrement les vignes nouvelles et à sol léger. »

— Lettre de M. G. COLOMB, régent, à Aigle :

« J'ai un souvenir très net qu'il y a 10 à 12 ans, après une grêle, j'ai observé des grappes exactement semblables à celles

qui ont fait cette année l'objet de nos recherches. Un vieux vigneron qui était là me dit que c'était la maladie qui suivait la grêle, c'est ce détail qui a fixé la chose dans mon souvenir. A cette époque, j'étais moins préoccupé que je ne le suis aujourd'hui des divers accidents qui arrivent à la vigne, mais je me rappelle que les grappes tombaient et qu'elles avaient la couleur fauve de celles observées ces dernières années.

» Depuis cette époque, j'ai revu parfois de ces mêmes grappes malades, mais c'était toujours la grêle qui était la coupable. Je ne sais si on assimilait cette pourriture au *coître* de Lavaux; ce mot ne m'est parvenu que cette année aux oreilles. M. le Dr Bezencenet croit l'avoir vu l'année dernière à Monthey, mais il y a reconnu aussi une autre affection qui doit être *le coup de soleil*¹ des vignerons de Sion.

» En résumé, je crois que la maladie observée l'année dernière à Aigle (rot livide ou coître), avait déjà fait son apparition depuis longtemps, et qu'on se bornait à l'appeler *maladie de la grêle*. »

* * *

— M. DELARAGEAZ, ancien Conseiller d'Etat, a bien voulu nous transmettre les renseignements suivants qu'il avait obtenus d'un vieux vigneron de M. Roguin, domicilié à Crochet :

« En 1822, sur huit poses de 500 perches, il a été récolté quatre chars de vin; la grêle suivie du coître a été la cause d'une récolte aussi minime.

» En 1831, ces huit poses n'ont fait que deux chars; une grande grêle, puis le coître, avaient réduit cette récolte d'une belle apparence à une si petite quantité.

» En 1834, la moitié du vignoble fut grêlée; les huit poses ont donné de quatre à cinq chars. La grêle n'avait pas fait beaucoup de mal, mais de nouveau le coître a pris si rapidement et avec une telle intensité que cette récolte, l'une des plus abondantes et des plus belles du siècle, avait été à peu près détruite.

» Cet ancien vigneron croit que le coître est toujours précédé d'une chute de grêle ou de grésil; il fonde son opinion sur ses nombreuses observations. Il arrive quelquefois, dit-il, qu'il tombe de la grêle ou du grésil pendant la nuit, sans laisser beaucoup de traces. Plus tard, le coître apparaît; on ne se doute pas que

¹ Probablement l'échaudage ou grillage des viticulteurs français. J. D.

c'est le grésil qui en est le point de départ, et on attribue l'épidémie à une cause étrangère. »

— Lettre de M. HENRI MERCANTON, de Cully :

« C'est à Lutry que le nom de *coître* est usité pour désigner la maladie du raisin que nous appelons simplement le *cuit*, à Cully, ou la maladie rouge. Les inspecteurs des vignes de La Côte, volontiers sortis de Lutry, ont propagé le nom de *coître* à La Côte, et, faute de mieux, ce mot devient général ; cependant, à la Tour-de-Peilz, à Grandson et jusqu'au lac de Bienne, on fait également usage d'autres désignations pour la maladie que vous attribuez au *Coniothyrium*.

» A Lavaux, le *cuit* est aussi ancien que la grêle, aussi ancien que la vigne même, si l'on peut s'exprimer ainsi ; mais il peut se manifester indépendamment de la grêle. Celle-ci est un accident qui le provoque très souvent et qui rend la grêle si néfaste.

» La grêle frappe à sec : « Ça ne suivra pas » ; puis, au bout de quelques jours, le *cuit* se montre. Alors, on dit souvent : « C'est trop tard pour nettoyer » ! Oui, sans doute, dans une certaine mesure ; cependant on peut encore obtenir même alors un excellent résultat par cette opération.

» Le *cuit* se développe fin juillet et août, pendant les canicules ; c'est alors qu'il est le plus funeste, particulièrement dans certains parchets. L'apparition du *cuit* est donc, dans une certaine mesure, dépendante de l'état de végétation de la vigne.

» Les *fendants* (chasselas) et le *gros rouge* (mondeuse) y sont très sujets. Le *gros Rhin* (sylvaner) et le *Cortailod* (pineau) beaucoup moins. Il y a de même certains sols, certaines situations où la maladie sévit particulièrement ; ainsi les terres rouges, légères, les parchets abrités et humides en sont souvent affectés. Les vignes bien fumées, surtout celles qui l'ont été dans l'année, souffrent davantage.

» Il y a un certain degré de développement du raisin où le moindre coup *sec* détermine une blessure purulente. Lorsque le grain a *trahi*, il est moins sensible.

» Lorsque la température humide et chaude prédispose à la pourriture, le *cuit* se produit parfois sans autres causes déterminantes, ainsi au bout des grappes basses, battues par le réjaillissement de la pluie terreuse et mêlée de sable, des grappes exposées aux vapeurs chaudes de la terre. Mais si, au moment où la maladie existe par-ci par-là à l'état latent, une grêle sur-

vient, le mal sera grand, fussions-nous même aux portes de la vendange, comme en 1870. »

— Lettre de M. POUSAZ-POUSAZ, à Ollon :

« La maladie dénommée du nom de *coître*, qui a sévi l'été dernier dans le vignoble d'Ollon, n'est pas autre chose, à mon avis, qu'un effet de la grêle. En effet, à trois époques rapprochées (fin juillet et commencement d'août 1887), le district d'Aigle a été visité par ce fléau, et peu de jours après, à Bex, à Aigle et à Yverne, on a commencé à signaler l'apparition d'une pourriture brune du raisin que l'on appelait *coître*, ou (faussement) *black-rot*.

» En parcourant le vignoble à cette époque, je remarquai et je pus faire constater sur place à plusieurs personnes, propriétaires ou vigneron, le fait que des grappes de raisin, touchées à la partie supérieure du pédoncule, s'étaient desséchées, tandis que les grappes qui avaient été atteintes dans l'intérieur présentaient l'aspect suivant : la partie supérieure était intacte et la partie inférieure était envahie par la pourriture.

» Je crois que les vers de la vigne ne peuvent pas être rendus responsables de l'apparition de cette grave maladie, c'est la grêle qui est la cause essentielle de la pourriture. »

— Lettre de M. VERET, syndic, à Nyon :

« La maladie du raisin du nom de *coi* ou *coître* est déjà connue de fort ancienne date. Ce nom, je l'ai entendu employer de tout temps, soit à La Côte, soit par les vigneron de notre district.

» Il est à présumer que cette dénomination est dérivée du mot *décroître* ou *décroît*, expression du cru vaudois, qui s'applique à une maladie des bras ou des jambes provenant d'une atrophie des muscles.

» Ce que l'on a généralement remarqué, c'est que la maladie sévit toujours après une chute de grêle, et qu'elle se fait particulièrement sentir lorsque cette chute est suivie d'une température sèche et chaude. Les suites en sont moins pernicieuses, lorsqu'il survient immédiatement après la grêle un temps frais, couvert ou pluvieux.

» On rencontre aussi le *coître* dans des parchets où l'on n'a pas signalé de chute de grêle ; il serait alors possible que la

cause doive en être attribuée à des grains isolés, tombés dans la nuit, et aussi à un abaissement insolite de la température. Et comme vous me le faites remarquer, il faut aussi tenir compte de la piqure du ver de la vigne et de meurtrissures accidentelles qui se produisent dans les façons ou travaux.

» Quant à moi, et il me paraît que c'est l'opinion généralement admise, je me range à votre manière de voir, qui considère le coïtre et la maladie de la grêle comme une seule et même chose. »

* * *

Ce qui précède me semble démontrer que le coïtre n'est point une maladie nouvelle. Si j'ai cru devoir accumuler à ce propos les citations, c'est qu'en France la pourriture déterminée par le *Coniothyrium diplodiella* paraît être considérée comme un fléau d'apparition assez récente. C'est, en effet, seulement en 1885 que le champignon a été signalé pour la première fois, par MM. Viala et Ravaz, dans quelques vignes de l'Isère. L'année suivante, M. Prillieux attribuait au développement de ce parasite une grave pourriture du raisin qui a sévi en Vendée.

En Italie, le *Coniothyrium* a été découvert en 1879, par M. Spegazzini.

Le mildiou des grappes.

Tout le monde connaît les effets désastreux du mildiou sur les feuilles de vigne. On n'a eu que trop souvent l'occasion de l'observer dans notre canton, depuis deux ans. Mais le parasite ne se contente pas d'attaquer les feuilles ; il envahit aussi assez fréquemment les raisins et cause alors une pourriture rapide des grains.

Certaines variétés sont particulièrement sujettes à ses attaques. C'est ainsi qu'un plant américain, cultivé maintenant sur une grande échelle dans le midi de la France, le *Jacquez*, a des raisins très sensibles à l'action du mildiou.

Dans les premiers temps de l'invasion de la maladie, on attribuait l'altération fréquente des grains à la chute prématurée des feuilles et à l'action directe d'un soleil trop ardent. Mais, comme l'ont montré MM. Millardet et Prillieux, cette altération est due à l'action désorganissante du *Peronospora*, se développant dans les grains de raisin.

Les baies attaquées présentent, en général, d'abord des taches

ou dépressions arrondies, de couleur grise ou violacée, sous lesquelles la pulpe se durcit. Puis le grain se ride et prend une couleur brune plus ou moins foncée ; il se dessèche ou tombe. L'attaque commence souvent au pourtour du pédicelle.

L'examen microscopique permet de distinguer facilement cette altération des pourritures décrites précédemment, car il révèle dans l'intérieur du grain la présence d'un mycelium caractéristique, à filaments dépourvus de cloisons, comme c'est le cas chez toutes les *Peronosporées*.

On trouve quelquefois les fructifications blanches du mildiou dans l'intérieur du grain, entre les pépins et la pulpe. Si elles n'existent pas encore, on peut provoquer leur développement assez rapide en conservant les grains sous cloche, dans une atmosphère humide. L'apparition des fructifications, bien facilement reconnaissables, montrera si l'on a réellement affaire au mildiou des grappes.

Anthracnose ou Noir de la vigne.

Quelques mots encore sur cette maladie, qui provoque souvent sur les raisins des taches noires ou grises, que l'on pourrait confondre, dans certains cas, avec les affections que nous venons de décrire.

L'anthracnose, due au développement d'un champignon parasite, le *Sphaceloma ampelinum*, de Bary, est facile à reconnaître aux caractères suivants : Les taches apparaissent sur la râfle et sur les grains encore verts ; elles sont arrondies, souvent grisâtres au centre et pourvues d'un bord noir. Plusieurs taches, d'abord circulaires, peuvent confluer ensemble et se confondre en une seule lésion de forme irrégulière.

L'altération progresse lentement et ne se termine pas par une pourriture complète du grain, mais les parties non attaquées par le champignon gardent leur aspect vert et sain. Lorsque la maladie est assez intense, le grain éclate et l'on voit apparaître les pépins mis à nu.

RÉSUMÉ

Nous donnerons ci-après un résumé des caractères spéciaux de ces différentes maladies, pour en faciliter la distinction aux praticiens :

Black-rot. — Grains attaqués *isolément*, au moins au début. — Les *pédicelles peuvent rester sains* alors que les baies atteintes sont complètement desséchées. — Les grains atteints prennent une *couleur noire* avec reflets métalliques, bleuâtres. — Il n'y a pas pourriture humide, mais bien *dessèchement* de la pulpe. — Apparition de petites *pustules noires* à la surface des grains, mais *pas* sur les pépins. — *Taches* fauves ou brunes *sur les feuilles*.

Cette maladie n'a pas encore été observée en Suisse.

Coïtre. — *Toute une partie* de la grappe est atteinte. — La maladie se *transmet* facilement et rapidement *par l'intermédiaire de la râfle* et des pédicelles. — Les grains atteints prennent une *couleur variant du brun au blanc livide*. — *Il y a pourriture* humide et fétide de la pulpe. — Apparition de très petites *pustules grises ou rosées* à la surface des grains. — Ces pustules se montrent souvent *aussi sur les pépins*. — *Pas de taches* sur les feuilles.

Maladie connue depuis longtemps en Suisse.

Mildiou des grappes. — Attaque des *grains isolés ou la grappe entière*, lorsque la maladie est violente. — Les grains atteints deviennent d'un *brun* plus ou moins foncé. — *Durcissement* de la pulpe. — Il n'y a *jamais formation de pustules* noires ou grises à l'extérieur du grain. — Présence (pas constante) de *filaments blanchâtres* autour des pépins. — Ces *fructifications* du *Peronospora se développent* sur les grains tenus dans une *atmosphère humide*.

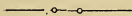
Connue en Suisse.

Anthracnose. — Attaque des *grains isolés ou de la grappe entière*, lorsque la maladie est intense. — Altération *limitée* aux places atteintes. — *Pas de pourriture générale* du grain. — *Taches noires ou grisâtres* bordées de noir.

Observée fréquemment en Suisse.

Lausanne, janvier 1888.

STATION VITICOLE.



NOTE

sur la présence du cuivre dans les vins provenant de vignes sulfatées,
et sur le mécanisme de son élimination,

par **E. CHUARD**, prof. de chimie à l'Académie de Lausanne.

En 1886, le mildew (*peronospora viticola*) ayant atteint gravement la majeure partie du vignoble vaudois, quelques propriétaires commencèrent à appliquer les traitements au sulfate de cuivre qui, inaugurés en France en 1883-1884, s'étaient acquis rapidement une réputation d'incontestable efficacité.

Les recherches de plusieurs chimistes français avaient déjà prouvé que le vin provenant des vignes traitées ne renferme pas de cuivre ou n'en renferme que des traces négligeables, et que sa consommation ne présente aucun danger. Cependant une certaine défiance persistait chez nous et l'on n'acceptait pas sans hésitation ces affirmations d'innocuité. On pouvait, en effet, se demander si les constatations des chimistes français étaient applicables à nos vins, qui diffèrent notablement des vins de France, soit par leur composition, soit aussi par leur mode de préparation, nos procédés de vinification étant sensiblement différents.

Cette question résolue affirmativement, on pouvait encore se demander si, étant admis que le vin d'une vigne traitée normalement par les sels de cuivre ne renferme que des traces de ce métal, il en est nécessairement de même pour le vin d'une vigne soumise à un traitement exagéré, ou trop tardif, et atteignant le raisin déjà développé, qui conserve dans ce cas jusqu'à la vendange des taches cuivreuses.

Le chef du Département de l'Agriculture du canton de Vaud, M. le conseiller d'Etat Viquerat, jugea utile de faire poursuivre la solution de ces questions et voulut bien me charger des recherches nécessaires, en mettant à ma disposition une partie de la récolte de la vigne du Champ-de-l'Air; celle-ci, dans le but de fournir un matériel suffisamment démonstratif, avait été traitée intentionnellement avec excès à la bouillie bordelaise; le traitement répété à la fin d'août n'avait pas ménagé les grappes, de telle sorte qu'à la vendange on remarquait sur la plupart de celles-ci, de nombreuses taches verdâtres de carbonate de cuivre.

La vendange eut lieu au commencement d'octobre, à une époque relativement avancée. On avait ainsi réuni les conditions les plus favorables à l'introduction du cuivre dans la vendange : traitement tardif, appliqué avec excès, vendange précoce, fournissant un moût plus acide, un dissolvant plus actif des composés cuivriques.

La recherche du cuivre porta : 1° Sur le moût pris sous le pressoir, avant le pressurage ; 2° sur le moût provenant du pressurage, vers la fin de l'opération ; 3° sur le marc ; 4° sur divers échantillons du vin après la fermentation ; 5° sur la lie, après le transvasage.

La méthode employée dans toutes les recherches a été la suivante : 1000 cc. du liquide (avec le marc et les lies, un échantillon pesé) sont évaporés ; le résidu incinéré jusqu'à obtention de cendres blanches ou grises. Les cendres sont traitées par l'acide azotique ; la solution azotique filtrée, évaporée avec l'acide sulfurique, puis reprise par l'eau et soumise à l'électrolyse dans une capsule en platine, avec les précautions habituelles ; le cuivre métallique est pesé directement lorsque la quantité en est suffisante (moût, lie) ; sinon on l'évalue par une méthode colorimétrique en le transformant en sulfate de cuivre ammoniacal et en comparant la solution obtenue avec des liquides renfermant un poids connu de cuivre au même état de combinaison.

Lorsqu'il s'agit simplement de caractériser des traces de cuivre, on peut utiliser la réaction très sensible indiquée par Endemann et Prochazka ¹, qui est basée sur la formation du bromure cuivreux, lequel est incolore en solution diluée, mais dont la solution suffisamment concentrée prend une coloration intense, rouge-violet.

La méthode à employer est fort simple : le liquide où l'on doit rechercher le cuivre est évaporé, son résidu incinéré avec soin, jusqu'à production de cendres blanches ou grises (avec les lies, cendres gris-rosé) ; on traite après refroidissement par l'acide bromhydrique concentré ; le traitement à froid suffit. On étend d'eau, filtre, évapore avec précaution le liquide filtré, au bain-marie. Vers la fin de l'évaporation apparaît, si la substance renfermait du cuivre, une coloration allant du rose au violet-foncé, suivant la proportion du métal. La réaction est d'une telle sensibilité que l'on peut, en opérant avec soin, reconnaître avec elle

¹ Berliner Berichte, t. 3, 1144.

$\frac{1}{50}$ de milligramme de cuivre. Elle se prête aussi très bien à des déterminations colorimétriques.

Voici maintenant les résultats obtenus avec les produits de la vigne du Champ-de-l'Air :

	Quantité de cuivre pour 1000 cc.
Moût prélevé avant le pressurage (vin de goutte).	Gr. 0.0260
Moût prélevé à la fin du pressurage	» 0.0180
Vin nouveau 15 jours après la vendange	» 0.0001
Le même filtré ¹	» 0.0000
Vin prélevé au soutirage (février)	» 0.0000
Lies obtenues après le soutirage, pour 1000 gr.	» 1.6200

Ainsi, tandis que le moût étudié renfermait une proportion de cuivre qui en faisait un liquide réellement suspect, proportion quatre à cinq fois plus forte que le maximum observé en France, le vin provenant de ce même moût, une fois la fermentation principale achevée et le dépôt de la lie effectué, ne renferme plus que des traces de ce métal, et ces traces sont même en voie d'élimination, puisque la filtration suffit à en débarrasser entièrement le liquide.

Avant d'étudier les transformations qui provoquent cette élimination du cuivre, on chercha d'abord à se rendre compte de la nature de la combinaison soluble existant dans le moût.

Après un traitement à la bouillie bordelaise, semblable à celui effectué sur la vigne du Champ-de-l'Air, le cuivre persistant sur les diverses parties de la plante est en majeure partie, sinon en totalité, à l'état de carbonate basique. Des acides organiques libres existant dans le moût, l'acide malique est le seul qui ait vis-à-vis de ce composé des propriétés dissolvantes faciles à mettre en évidence. Le moût du Champ-de-l'Air, dont l'acidité totale était de 0.810 %, exprimée en acide tartrique, renfermait, d'après un dosage effectué par la méthode de Nessler, 0.410 % d'acide malique. L'expérience montra qu'une solution d'acide malique, dans la même proportion, dissout facilement le carbonate et l'hydrate de cuivre.

Le tartrate acide de potassium, qui possède aussi la faculté de dissoudre l'hydrate de cuivre, dissout beaucoup moins facile-

¹ Un grand nombre d'autres échantillons de vin nouveau, examinés dès lors au même point de vue, ont donné des résultats semblables, c'est-à-dire qu'ils ne renfermaient pas de cuivre, ou seulement des traces de ce métal.

ment le carbonate. C'est donc à l'état de malate de cuivre que doit se trouver ce métal dans le moût. Pour en faire la preuve directe, on a fait digérer pendant 12 heures 1000 cc. de moût avec 2.0 gr. de carbonate de cuivre, en agitant de temps à autre. Le moût filtré, d'une coloration verte bien prononcée, avait dissout 1.11 gr. de ce sel. On l'additionna avec précaution d'un peu d'alcool et abandonna le liquide à l'évaporation dans le vide, à la température ordinaire. Il se forma au bout de quelques jours, et sans que la fermentation se fût établie, un dépôt cristallin, composé d'un peu de tartre en cristaux assez nets et d'un sel de cuivre qu'on isola aussi minutieusement que possible.

Ce sel, de couleur verte, desséché sur l'acide sulfurique devient bleu. Soluble dans l'eau, il est insoluble dans l'alcool absolu et très peu soluble dans l'alcool étendu.

Une petite quantité employée à la recherche des acides organiques, après séparation du cuivre par l'hydrogène sulfuré, donna nettement les réactions de l'acide malique : précipité gommeux avec l'acétate de plomb, formation avec le chlorure ferrique d'un composé dans lequel le fer n'est plus précipité par l'ammoniaque, etc.

La quantité de substance obtenue était trop faible pour permettre une analyse complète. On put toutefois exécuter un dosage du cuivre, sur le sel vert, simplement desséché à l'air.

gr. 0,3290 de substance donnèrent gr. 0,1198 de CuO .

Cuivre	%	{	Trouvé	Calculé pour $\text{Cu}_2(\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_5)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}^*$
			30,78	32,87

Si l'on tient compte du fait que la petite quantité de substance en a empêché la purification, l'écart entre ces deux chiffres ne paraîtra pas de nature à infirmer les constatations précédentes, et nous pouvons considérer comme établi le fait de la présence du cuivre essentiellement à l'état de malate dans les moûts provenant de vignes sulfatées avec exagération.

Quant à l'élimination du cuivre à la suite de l'acte de la fermentation, elle a déjà fait l'objet des études de M. Quantin², qui conclut à la précipitation du cuivre à l'état de sulfure insoluble, lequel se dépose avec la lie. Le sulfure de cuivre, en effet, est la seule combinaison entièrement insoluble de ce métal dont on puisse prévoir la formation dans le vin. — M. Quantin, pour

* Beilstein. Org. Chemie, p. 613.

² Comptes-rendus de l'Acad. des Sc., 1886. Journal Barral, 1887.

vérifier son hypothèse, a fait une série d'expériences de fermentation avec des moûts additionnés de sulfate de cuivre et d'autres ne renfermant pas trace de ce métal. Il observa que les premiers fermentaient sans dégager aucune trace d'hydrogène sulfuré, tandis que les autres en mettaient en liberté une quantité appréciable. C'était là une démonstration indirecte, seule possible, du reste, dans la généralité des cas, la faible proportion du cuivre dans un mélange aussi complexe que la lie ne permettant pas la constatation directe de son état de combinaison.

Une observation faite au cours de mes recherches sur la nature de la combinaison de cuivre soluble dans le moût, a permis de se rendre compte d'un autre mode d'élimination.

Un échantillon de moût, fortement cuivré par digestion à froid avec du carbonate de cuivre, fut additionné de son volume de moût frais, non filtré. Placé dans des conditions favorables, il ne tarda pas à entrer en fermentation. Celle-ci, à la vérité, fut incomplète et s'arrêta avant la transformation totale du sucre, probablement grâce à la présence d'une proportion inusitée de cuivre.

Pendant cette fermentation et dans les jours qui la suivirent, la coloration verte du moût disparut entièrement, tandis qu'un dépôt cristallin, verdâtre, se formait au fond du ballon. Ce dépôt, recueilli et analysé, se composait de tartrate acide de potassium et de tartrate de cuivre. Le liquide fermenté ne renfermait plus qu'une très faible quantité de cuivre en dissolution; l'acide malique avait également, sinon disparu, du moins subi une diminution considérable. Il y avait eu ainsi élimination de la majeure partie du cuivre à l'état de tartrate. Quant au sulfure, l'expérience n'avait pas été faite sur une assez grande échelle pour qu'on pût songer à le rechercher.

Cette dernière recherche, ainsi que celle du tartrate, fut entreprise sur la lie fortement cuivrée (1.62 ‰), qu'on obtint au soutirage du vin mis en observation dans une cave du Champ-de-l'Air.

A cet effet, les lies furent d'abord séparées par décantation, après repos, de la majeure partie du liquide qui les tenait en suspension, puis essorées rapidement et desséchées avec toutes les précautions nécessaires pour éviter l'action de l'air sur le sulfure de cuivre qu'elles pouvaient renfermer. La lie desséchée se laissait facilement séparer en deux parties: l'une grenue, cristalline, renfermant presque tout le tartre et le cuivre; l'au-

tre, plus légère, composée surtout de substances organiques, ne renfermant que très peu de cuivre.

La première partie seule fut employée. Pour y rechercher le tartrate de cuivre, on l'épuisa par l'eau bouillante, en filtrant chaque fois et recueillant dans un même vase les liquides d'épuisement. Par refroidissement, il s'y forma un dépôt cristallin qui fut recueilli, lavé, essoré et calciné. Les cendres renfermaient du cuivre en quantité très appréciable; celui-ci ne pouvait provenir que du tartrate de cuivre, le sulfure étant, après dessiccation, inaltérable dans l'eau bouillante; si, d'ailleurs, malgré les précautions prises, une partie du sulfure de cuivre était entrée en dissolution à la suite d'oxydation, on l'aurait retrouvée dans les liquides d'épuisement et non dans le dépôt cristallin, lavé et essoré.

Un échantillon de la lie épuisée par l'eau fut incinéré; les cendres renfermaient également du cuivre en quantité appréciable. Pour constater si cette nouvelle portion du métal existait dans la lie comme sulfure, ainsi que le prévoyait M. Quantin, divers essais furent tentés. Celui qui donna les résultats les plus nets se fit au moyen de l'acide bromhydrique.

L'acide bromhydrique dissout facilement le sulfure de cuivre, avec dégagement d'hydrogène sulfuré, ce qu'on n'obtient pas, ou très difficilement, avec les autres acides. En traitant les lies épuisées par l'acide bromhydrique concentré, chauffant et recueillant dans une solution d'acétate de plomb les gaz dégagés, on a obtenu un précipité très net de sulfure de plomb. Une expérience parallèle faite avec des lies d'un vin non sulfaté, traitées exactement comme les précédentes, n'a pas donné ce précipité, ce qui prouve que le dégagement d'hydrogène sulfuré de la première expérience ne peut être attribué qu'à la dissolution du sulfure de cuivre.

Le cuivre s'élimine donc des vins sulfatés sous deux formes principales: tartrate et sulfure. Le tartrate de cuivre prend naissance au fur et à mesure que la fermentation s'opère et précipite partiellement, par entraînement, avec le tartrate acide de potassium. L'hydrogène sulfuré produit par les réactions réductrices qui accompagnent la fermentation alcoolique, précipite les dernières traces de métal. Cette élimination en deux phases ne se produit, il va sans dire, que dans les moûts fortement cuivrés. Dans les cas ordinaires, où la proportion de cuivre ne dépasse pas deux ou trois milligrammes par litre de moût, la seule

action de l'hydrogène sulfuré suffit à la séparation complète du métal. Mais si la proportion de cuivre est notablement plus élevée, cas qui peut se présenter après un traitement défectueux, exagéré, ou simplement trop tardif, il n'est pas à craindre, même dans le cas le plus défavorable, que le métal persiste dans le vin, parce que la proportion d'hydrogène sulfuré serait insuffisante à le précipiter. L'excès de cuivre précipite alors à l'état de tartrate, et il en précipite d'autant plus que le vin en renferme davantage, les dernières traces étant toujours éliminées par l'hydrogène sulfuré.

Les recherches qui précèdent donnent donc, et c'est là leur principal intérêt, la certitude d'une élimination complète du cuivre dans les vins sulfatés, quelle que soit, pour ainsi dire, la quantité de métal qui ait pu entrer en dissolution dans le moût.

OBSERVATIONS

sur une matière colorante des eaux du lac de Bret,

par J.-B. SCHNETZLER

Dans la séance du 18 juin 1856, je communiquai à la Société vaudoise des sciences naturelles quelques observations sur une matière colorante rouge déposée au fond du bassin de la fontaine des bains de l'Alliaz, à 2 $\frac{1}{2}$ lieues au nord-est de Vevey. L'eau tenant en suspension la matière colorante rouge fourmillait de petits organismes qui, sous le microscope, présentaient une belle couleur rosée. Ils avaient une forme allongée, légèrement arrondie aux deux extrémités; leur longueur était en moyenne de 0.01 de millimètre, la largeur $\frac{4}{400}$ de millimètre. Je disposai alors d'un microscope à faible grossissement; cependant les tourbillons de molécules autour de leur corps me firent conclure à la présence de cils vibratiles.

A l'époque dont je parle, ces petits organismes étaient regardés par les zoologistes comme des infusoires; Perty (*Zur Kenntniss kleinster Lebensformen*, 1852) les range dans le genre *Chromatium*. Leur mode de reproduction me fit déjà alors entrevoir leur nature végétale. Rabenhorst (*Flora algarum Europ.* III, p. 28) décrit ces mêmes organismes sous le nom de *Pleuro-*

coccus roseo-persicinus (Algues). Ray Lankaster, Warming et Zopf les rangent aujourd'hui parmi les *Schizomycètes*.

Zopf (*Zur Morphologie der Spaltpflanzen*, 1882) décrit sous le nom de *Beggiatoa roseo-persicina* Zopf, un Schizomycète dont l'organisme que j'ai observé dans les eaux sulfureuses de l'Alliaz n'est qu'une phase de développement. Zopf distingue deux formes principales de *Beggiatoa roseo-persicina* :

1° La forme de *Leptothrix*. Filaments très tenus, à articulation très indistincte et ordinairement nulle dans la plus grande longueur du fil, sauf à la base. Ces filaments sont attachés sur des plantes ou des animaux en décomposition. Ils sont ordinairement de couleur rose ou violette ; quelquefois ils deviennent presque incolores et dans ce cas on ne les distingue pas de *Beggiatoa alba*. Comme dans cette dernière espèce, ces filaments renferment des granulations de soufre. Par des colorations appropriées, on peut cependant démontrer qu'ils se composent de petits segments. On obtient ainsi de véritables microcoques ;

2° La forme de *Zoogloea*. Les microcoques des filaments de *Beggiatoa* se séparent peu à peu en arrondissant leurs cellules anguleuses et en se divisant en deux. Suivant leur dimension, on distingue des microcoques et des macrocoques, que j'ai observés dans l'eau de l'Alliaz.

Par la division et multiplication de ces coques, il se forme des colonies gélatinisées, tantôt de forme lobée, tantôt en forme de mûre, qu'on désigne sous le nom de *Zoogloea*. La couleur de ces colonies varie ; quelques-unes sont même incolores. Les coques des colonies de *Zoogloea* peuvent se transformer en cellules en forme de baguettes. D'après une observation de Zopf, les microcoques des *Zoogloea* de *Beggiatoa alba* se transformaient également en baccilles (Stäbchen), qui après avoir nagé dans l'eau produisaient la forme de *Leptothrix*. Zopf ajoute qu'il paraît que les microcoques des *Zoogloea* peuvent passer par dessus la formation des baguettes en s'allongeant directement en filaments.

Dans ma communication de 1856, j'avais déjà observé cette formation de *Zoogloea*, observation qui a passé complètement inaperçue. Voici mon observation : « Cette ressemblance avec les » phénomènes de la vie végétale augmente encore pendant un » état d'immobilité et de repos par lequel passent quelquefois » les jeunes *Chromatium*. On trouve, en effet, souvent de gran- » des agglomérations de ces vésicules rouges liées entre elles

» par une matière mucilagineuse, elles ressemblent alors à ces
 » taches rouges qui se forment quelquefois sur le pain. Lors-
 » qu'on observe pendant quelque temps les agglomérations dont
 » j'ai parlé, il s'y manifeste un fait curieux. Un souffle de vie
 » semble venir animer cette masse inerte. Les vésicules qui la
 » composent s'ébranlent; celles du bord se détachent et nagent
 » rapidement; ainsi peu à peu la tache se dissout en jeunes
 » Chromatium dont l'eau fourmille bientôt. »

L'automne passé, M. le professeur Forel m'apporta une matière colorante rouge trouvée en suspension dans l'eau du lac de Bret, qui en était colorée en rouge. Je trouvais sous le microscope des masses irrégulières lobées, arrondies, de couleur rouge, formées par des microcoques. Malgré l'état de décomposition partielle, je regardai cette matière rouge comme l'état de Zoogloea de *Beggiatoa roseo-persicina*. J'avais chargé mon préparateur, M. Tonduz, de me chercher ce printemps la matière colorante rouge des eaux du lac de Bret; mais il n'en trouvait point. En revanche, il vit dans la partie orientale du lac, une matière d'un noir bleuâtre formant une traînée d'environ 4-5 mètres de longueur. La matière colorante se trouvait surtout dans les fissures de la glace ou sur la limite de la glace et de l'eau.

En examinant cette matière, j'y trouvai un grand nombre de diptères qui se décomposaient; ils servaient comme point de départ à de longs filaments incolores de *Beggiatoa*. Cette forme de *Leptothrix* était accompagnée de Zoogloea noirâtres et de microcoques libres. Au premier abord, la *Beggiatoa* prise au 3 avril dans le lac de Bret, ressemble à *Beggiatoa alba*, qui comme *Beggiatoa roseo-persicina* se développe sur des matières végétales et animales en décomposition; mais Zopf avoue lui-même que lorsque cette dernière espèce est décolorée, elle ne diffère plus de la première. Comme M. Forel a trouvé *Beggiatoa roseo-persicina* en masse dans les eaux du lac de Bret, je suis disposé à ranger dans cette espèce l'organisme qui a produit la coloration d'un noir bleuâtre trouvée par M. Tonduz.

Déjà en 1856, j'avais du reste entrevu la relation qui existe entre la forme de Zoogloea et de *Leptothrix* de *Beggiatoa roseo-persicina*. J'avais observé, en effet, un organisme végétal sous forme de filaments très tenus qui répandait dans l'eau des corpuscules rouges animés d'un mouvement particulier qui ressemblaient d'une manière frappante aux premières phases du Chro-

matium. Ces globules rouges se réunissaient plus tard en masses qui se couvrirent de filaments (forme de *Leptothrix*).

Les masses de *Zoogloea* observées dans la matière colorante noirâtre du lac de Bret m'ont présenté le fait, mentionné d'une manière dubitative par Zopf, que les coques réunies en *Zoogloea* peuvent produire, sans passer par la forme de baccilles, des filaments de la forme de *Leptothrix*.

Nous trouvons dans les observations précédentes des faits qui viennent à l'appui des observations de Zopf, qui démontrent que le même *Schizomycète* peut passer par les phases de *Leptothrix*, de *micrococcus*, de *Zoogloea*, de baccilles¹, etc.

Le diptère trouvé en abondance au milieu des filaments de *Beggiatoa* ne pouvait pas être déterminé d'une manière exacte, vu son état de décomposition. Je pense néanmoins le rapprocher du *Hydrobaëus occultans* Fries, petite mouche d'un noir mat de 1 $\frac{1}{2}$ millimètre de long, qui apparaît au premier printemps en quantité énorme, courant et voltigeant à la surface de l'eau. Lorsqu'il fait du vent, ces insectes s'établissent sur des tiges de graminées d'où le vent les transporte sur l'eau où ils forment alors une couche continue de couleur noire. Ce sont ces mouches qui ont contribué en partie à la coloration noire, observée sur la partie orientale du lac de Bret.

Il ne faudrait cependant pas inférer de ce qui précède que les eaux du lac de Bret sont insalubres. Les *Beggiatoa* qui s'y trouvent se rencontrent dans toutes les eaux minérales sulfureuses que des milliers de personnes boivent toutes les années comme remède. Quant aux mouches chassées par les vents sur cette eau, elles ne sont pas infectieuses comme celles qui se posent sur des cadavres. Leur décomposition est, du reste, accélérée par les *Beggiatoa* elles-mêmes qui transforment le corps de ces petits insectes en matières gazeuses, qui se dégagent en grande partie dans l'air.

Tout autour du lac de Bret, on trouve actuellement (avril) immergées dans l'eau, des masses globuleuses vertes formées par des algues appartenant au *Zygnema Vaucheri* et *Zygnema cruciatum*.

¹ Le mot de baccille ne doit être pris, dans toute cette notice, non comme correspondant au genre *Bacillus* de Cohn, mais comme forme de baguette (*Stäbchenform*).

Le *Cardamine trifolia* L. dans la Suisse occidentale,

par H. PITTIER

En 1884, un botaniste français découvrait, non loin du Locle, sur la rive suisse du Doubs, une riche station du *Cardamine trifolia* L. Les conditions dans lesquelles la plante s'y trouve ne laissent subsister aucun doute sur son indigénat, et du reste, comme on le verra plus loin, l'existence de cette espèce dans notre Jura est corroborée par des observations antérieures.

A la session de 1885 de la Société helvétique, au Locle, M. Tripet, professeur à Neuchâtel, distribua à ses collègues de la section de botanique des échantillons provenant de la station nouvellement découverte et donna à cette occasion quelques explications topographiques, tout en émettant l'affirmation que la plante n'avait pas jusqu'alors été découverte en Suisse ¹.

Or, en 1882, M^{me} Helen C. Ward, femme de M. Michael-F. Ward, notre honoré collègue de la Société vaudoise des sciences naturelles, et elle-même auteur d'un magnifique album botanique dont les motifs ont, pour la plupart, été pris dans la flore de Rossinières ², m'informait que, déjà en 1874, elle avait cueilli le *Cardamine trifolia* L. dans les environs de cette localité. J'avoue que cette indication me parut si improbable que je l'attribuai sur le moment à une confusion et que je ne crus devoir en tenir compte dans aucun des travaux que je publiai plus tard sur la flore vaudoise ³, ou sur celle du Pays-d'Enhaut ⁴.

Cependant, plusieurs circonstances vinrent plus tard ébranler

¹ *Compte-rendu des travaux présentés à la Soc. helv. des Sc. nat.*, réunie au Locle les 11, 12 et 13 août 1885, p. 69. — Id., in *Arch. des sciences phys. et nat.* de Genève, septembre 1885.

² H. C. W. — *Wild Flowers of Switzerland*. London, 1883.

³ DURAND et PITTIER. *Cat. de la Flore vaudoise*. Lausanne, 1882, 1883 et 1887.

⁴ PITTIER. *Notice sur la Flore du Pays-d'Enhaut*, in Bull. Soc. Mur. du Valais, fasc. XI, 1883. — Id. *The Flora of the Pays-d'Enhaut*. Château-d'Œx, 1885.

une conviction sans doute trop brusquement arrêtée. M^{me} Ward, qui, on le comprend, tenait à faire reconnaître sa découverte, m'écrivit à plusieurs reprises de Partenkirchen pour confirmer sa première indication ; elle m'envoya même une excellente esquisse de la plante, faite d'après un échantillon cueilli à Rossinières. Je réfléchis aussi qu'un tel cas de sporadisme ne serait point un fait isolé pour le Pays-d'Enhaut qui offre un certain nombre d'autres espèces (*Pedicularis Oederi* Vahl., *Papaver alpinum* L., etc.), faisant défaut sur de grands espaces et dont le centre de dispersion doit se chercher bien loin de nos limites. La découverte du Locle, enfin, acheva de dissiper des doutes que quelques excursions dans les forêts de Rossinières eussent dès l'abord empêché de germer.

Les recherches que je fis en 1886 ne furent pas couronnées de succès, mais cette année-ci, le 25 mai, je constatai l'existence de la station de M^{me} Ward, dans les bois au versant nord du mont Planachaux. Sur une étendue évaluée à plus d'un hectare, le sol de la sapinière disparaissait sous le blanc tapis des fleurs de la charmante crucifère. En présence d'une végétation aussi profuse, toute supposition tendant à fixer à une date récente l'introduction de la plante tombe sans autre. Je suis, pour ma part, convaincu de l'indigénat, et, outre le fait de l'isolement de la station, qui lui a permis d'échapper pendant longtemps aux botanistes explorateurs, je tiens à cette opinion pour une raison que je donnerai tout à l'heure.

En résumé, nous pouvons d'ors et déjà admettre que le *Cardamine trifolia* L. est actuellement indigène en deux localités de la Suisse occidentale, savoir à Rossinières, au Pays-d'Enhaut vaudois, où il a été découvert en mai 1874 par M^{me} Ward, et près du Locle, dans le canton de Neuchâtel, où un botaniste français l'a d'abord signalé en 1884. Comme l'existence de ces deux stations, à une distance considérable de l'aire principale de dispersion de l'espèce, constitue un problème de géographie botanique des plus intéressants, nous réunirons ici les faits concernant la distribution horizontale et les données relatives à la présence de la plante en question en Suisse, avant l'époque contemporaine.

Le *Cardamine trifolia* L. fait partie d'un groupe distinct (*Chelidonia* Koch Syn.) du genre *Cardamine*, groupe qui comprend au moins trois espèces endémiques dans l'Europe centrale (*C. maritima* Portens., *C. thalictroides* All., *C. trifolia* L.).

Géographiquement, ces espèces se distinguent des autres représentants européens du genre par le peu d'étendue de leurs aires. Elles sont peut-être à la veille de leur extinction, à moins qu'on admette, hypothèse peu plausible, que la région restreinte dans laquelle on les rencontre ne soit actuellement un centre de création. Le *Cardamine trifolia* a la plus grande extension; il est indiqué par Koch dans le Tyrol, la Carinthie, la Croatie, le Salzbourg, la Styrie, l'Autriche, la Bohême et la Silésie; d'après le même ouvrage, il est douteux pour la Suisse.

La première notion de l'existence du *C. trifolia* dans notre pays nous est fournie par Scheuchzer¹, et encore ses indications reposent probablement sur une confusion. Il aurait en effet cueilli cette espèce au bord du torrent descendant du *Mons Furcula*, dans la vallée de Poschiavo. Cette indication est mise en doute par Haller², et Suter³ pense que la plante de Scheuchzer n'est pas autre chose que le *C. thalictroides* All., bien que celle-ci ait les fleurs jaunes : « Hæc (*C. thalictroides*) quidem habet luteos flores, sed color nihil ad rem, cum *trifolia* albos habeat et purpureos. »

Si l'on veut se souvenir de confusions bien plus étranges commises par des botanistes anciens, ou même modernes, on sera plutôt porté à admettre avec moi que le *Cardamine trifolia* de Scheuchzer est le *C. asarifolia* d'Allioni, ceci d'autant plus que ce dernier est le seul *Cardamine* de marque cueilli actuellement dans la région. La station de Scheuchzer serait alors la même que celle de Muret, qui a récolté la dernière espèce au val Brusio, le long du torrent de Sauzanna. Le manque d'une carte détaillée m'empêche de vérifier l'identité des lieux, mais ceci me paraît la seule conclusion admissible, et je n'hésite pas à n'attribuer qu'une valeur négative à l'indication de Scheuchzer en ce qui concerne le *C. trifolia* L. On pourrait m'objecter que

¹ J.-J. SCHEUCHZER. *Itinera per Helvetiæ alpinas regiones facta*. Lugd. bat. 1723, p. 454. — Scheuchzer caractérise sa plante en disant : « *C. alpinam, foliis latis, teneris, longo pediculo insidentibus.* » Haller, qui vit les échantillons du précédent, en donne une description et termine en disant : « *Potest tamen trifolia esse.* » C'est en se basant sur cette supposition que plusieurs auteurs ont dès lors cité le *C. trifolia* dans les Alpes de la Lévantine.

² A. v. HALLER. *Historia sterpium indigenarum Helvetiæ*. Bernæ, 1768, n° 475.

³ J.-R. SUTER. *Flora helvetica*. Turici, 1802, II, p. 58.

Scheuchzer a précisé la localité qu'il a en vue, quand il a écrit : « Ad torrentem montani e *Furcula* deflui ripam. » Mais il suffira de faire observer que le nom de lieu *Forcola* est très usuel dans la région et que, par conséquent, il est plutôt de nature à induire en erreur qu'à concourir à l'éclaircissement de la question.

Faut-il attribuer quelque signification à l'indication de de Saussure ¹, qui incorpore le *C. trifolia* dans une liste des plantes croissant au *Mont-Gries*, ou plutôt au col du Gries, à la limite de la Suisse et de l'Italie? Je ne le pense pas, car si la confusion était possible pour Scheuchzer, savant versé dans la botanique, elle devait être encore plus facile pour le grand géologue de Genève. Je passe également sous silence la mention de d'Angreville ², dans un ouvrage qui fourmille d'erreurs. Dans le catalogue de Rion ³, la même indication est reproduite, flanquée des noms de Scheuchzer et de Murith; la présence du premier nous permet d'affirmer qu'ici la *Furcula Rhætorum* a été confondue avec le *Mons Furca Vallensium*.

Haller ⁴ donne de notre plante une excellente description, laquelle, de l'avis même de Gaudin, ne peut s'appliquer qu'au *Cardamine trifolia*. Mais l'érudit auteur du *Historia stirpium* ajoute : « In meis reperio, me in suprema vallecule M. Chasseral legisse : sed neque inter meas siccas est, neque nuper reperta. » L'indication n'est donc pas d'une certitude absolue; cependant la circonstance que *Le Clerc* ⁵, qui explora surtout la Dôle et les parties voisines du Jura, possédait la plante dans son herbier, ajoute de fortes présomptions à l'exactitude du dire de Haller. La découverte toute récente du Locle achève de le confirmer.

A partir de l'apparition du magistral ouvrage de Gaudin ⁶, qui reproduit, sans y rien ajouter, toutes les indications antérieures, nos flores et nos catalogues gardent en général le silence au sujet du *Cardamine trifolia*; si elles en parlent parfois,

¹ H.-B. DE SAUSSURE. *Voyages dans les Alpes*. Neuchâtel, 1796-1804, p. 1736.

² J.-E. D'ANGREVILLE. *Flore valaisanne*. Genève, 1863, p. 10.

³ RION. *Guide du botaniste en Valais*. Sion, 1872, p. 21.

⁴ Loc. cit.

⁵ Ibid., p. XVII.

⁶ GAUDIN. *Flora helvetica*, vol. IV. Turici, 1839, p. 291.

ce n'est que pour reproduire des indications erronées ou les mettre en doute.

Les conclusions à tirer des faits précités seront donc que le *Cardamine trifolia* L. existait déjà dans le Jura au temps de Haller, ceci contrairement à l'affirmation de M. Tripet, mais que la découverte de Rossinières est la première preuve certaine de sa présence dans les Alpes suisses.

A titre de renseignement, j'ajouterai ici un détail qui semblerait témoigner en faveur de l'ancienneté de la station susnommée et de la présence de notre espèce en d'autres points de la vallée de la Sarine. Lorsque je fis voir des échantillons de ma première récolte à la mère de notre collègue Th. Rittener, femme connaissant à fond les plantes les plus intéressantes du Pays-d'Enhaut, elle déclara aussitôt en avoir cueilli de semblables au *Revers de Rossinières*, non loin d'une station de *Langue de cerf*. D'après ce dernier détail, il est presque certain que cette personne connaissait depuis bien longtemps la station récemment découverte, car le *Scolopendrium officinarum* L., rare du reste au Pays-d'Enhaut, abonde dans les rochers qui dominant celle-ci. M^{me} Rittener ajouta que, dans son enfance et en compagnie de sa grand'mère, elle avait récolté la même plante, qu'elle désigne sous le nom de *Heilchle* (*Heilkle*), dans les forêts du vallon de Meyelsgrund, près du Gstaad (Gessenay). Il serait fort à désirer que des recherches fussent faites dans ce dernier endroit et dans toutes les localités analogues, car il semble presque impossible, s'il est admis que la plante ait été jadis plus répandue dans la Suisse occidentale, qu'elle ait maintenant disparu à deux stations près.

Sur les différents modes de reproduction du *Thamnum alopecurum*,

par J.-B. SCHNETZLER

Dans une précédente communication, j'ai tâché de démontrer que la mousse qui se trouve sur une moraine sous-lacustre, à 200 m. de profondeur dans le lac Léman, à un kilomètre de la station d'Yvoire, formait une variété du *Thamnum Alopecurum* Schimp. J'ai cru pouvoir admettre que cette mousse, qui se trouve ordinairement sur des roches calcaires humides, s'était adaptée peu à peu à la vie sous-lacustre depuis l'époque glaciaire, époque de laquelle date la moraine d'Yvoire.

Au mois d'octobre de l'année passée (1886), je reçus de M. William Barbey de beaux exemplaires du *Thamnum Alopecurum*, pris sur un rocher humide de calcaire urgonien à la Rochette.

Cette mousse, qui présentait la forme typique de l'espèce, était en pleine fructification, tandis que la variété sous-lacustre ne fructifie jamais; ses urnes étaient remplies de spores bien développées. Je plongeai cette mousse dans des bocaux profonds, pleins d'eau. Non-seulement elle restait parfaitement fraîche pendant tout l'hiver, mais vers le printemps on voyait se former un grand nombre de pousses nouvelles, dont les tiges un peu grêles et les feuilles écartées rappelaient la variété trouvée au fond du lac.

En examinant ces jeunes pousses, on voit à leur base et sur les tiges desquelles elles sortent des touffes de filaments bruns, formés de cellules à cloison oblique. Sur ces filaments, connus sous le nom de *rhizoïdes*, se trouvaient des gemmes, c'est-à-dire des groupes de cellules qui donnent naissance à de jeunes pousses.

Au mois de mai 1887, les parois du bocal qui renfermait la partie de la mousse portant des sporogones ou des urnes remplies de spores se couvrirent d'un grand nombre de plaques et de stries d'une belle couleur verte.

Les stries se trouvaient surtout dans les fissures des parois du bocal. A l'œil nu, ces plaques et stries vertes ressemblaient

aux algues qui se développent si souvent sur les parois de verre des aquariums. Sous le microscope, elles se montraient formées de filaments ramifiés, dont les cellules remplies de chlorophylle, étaient séparées les unes des autres par des cloisons perpendiculaires. Ces filaments résultaient de la germination des spores sorties des urnes du *Thamniium Alopecurum*; elles s'étaient fixées sur les parois du bocal, qui leur servaient ainsi de substratum. On a donné le nom de *protonema* à ces filaments confervoïdes provenant de la germination des spores de mousses. Les filaments verts de *protonema* étaient accompagnés de filaments incolores et bruns, identiques aux rhizoïdes dont j'ai parlé plus haut. Le *protonema* proprement dit donne naissance à des bourgeons qui, en se développant, produisent la jeune mousse.

Nous avons vu que les rhizoïdes des mousses plongées dans l'eau peuvent servir à la reproduction asexuée de la mousse; ce qui est un avantage pour celles se trouvant sous une couche d'eau profonde où la reproduction sexuée devient difficile ou impossible. La variété lacustre de *Thamniium Alopecurum* provenant du lac Léman présente des rhizoïdes semblables à ceux de la forme type plongée dans l'eau d'un bocal.

L'observation et l'expérience ont, du reste, démontré que toutes les parties d'une mousse, tige, feuilles, même des fragments de feuilles, etc., placés sur un substratum humide peuvent produire du *protonema* et des rhizoïdes avec gemmes. Ce fait nous explique la reproduction asexuée du *Thamniium Alopecurum* du Léman, car les stolons ou tiges souterraines de cette mousse peuvent encore servir à sa prolifération.

Revenons un moment au *protonema* confervoïde qui s'est développé sur les parois de notre bocal. Si on ne connaissait pas l'origine de ce *protonema*, on le regarderait certainement comme une algue. Il se nourrit d'une manière complètement indépendante par assimilation et il acquiert, en multipliant ses cellules par division, comme le font les algues, une extension très considérable et la durée de son existence est quelquefois presque indéfinie. Le *protonema* qui s'est développé dans l'eau sur les parois de verre d'un bocal est resté jusqu'à présent (10 novembre) à l'état confervoïde en présentant toujours la plus grande ressemblance avec une algue.

Qu'il me soit permis d'examiner ici une hypothèse émise sur l'origine des mousses. Dans leur reproduction sexuée et asexuée, les mousses changent d'état avant d'arriver à l'état de mousse

proprement dite. Dans la première phase de leur développement elles présentent l'organisation d'une algue ; plus tard , la forme confervoïde produit la mousse proprement dite.

Ne pouvons-nous pas admettre que les mousses qui , aujourd'hui, sont pour la plupart des plantes terrestres, descendent de plantes aquatiques appartenant à la division des algues ?

Saporta et Marion, dans leur ouvrage sur l'évolution du règne végétal (cryptogames), disent que la végétation aérienne procède de protophytes aquatiques. Les algues ont dû abandonner les eaux douces ou salées pour prendre possession du sol émergé, s'établir d'abord dans des stations humides et souvent inondées, se dispersant ensuite de proche en proche en soumettant l'agré-gation cellulaire primordiale à des influences modificatrices de plus en plus énergiques (loc. cit.). On objectera peut-être que les algues de nos jours ne se transforment pas en mousses, lorsqu'elles se trouvent sur un sol émergé et humide encore. Mais si des algues se sont transformées en mousses, cette transformation a eu lieu à une époque géologique pendant laquelle les conditions de l'évolution organique étaient bien différentes de celles de nos jours. La paléontologie nous démontre qu'il y avait des algues à une époque où les mousses n'existaient pas encore. De nos jours, les mousses parcourent, pendant la première phase de leur développement, un état qui rappelle tout à fait les algues et, sur cette première forme confervoïde, se développe une mousse. Il est donc bien naturel de chercher les ancêtres des mousses parmi les algues. Lorsque la différenciation d'une forme organique s'est une fois opérée, ces formes peuvent persister aussi longtemps que les conditions de leur existence ne sont pas changées. C'est pour cela que les algues de nos jours restent des algues et les mousses des mousses.

La transformation des algues en mousses s'est peut-être déjà opérée pendant l'ère secondaire, car Oswald Heer (*Urwelt der Schweiz*, p. 89) cite quatre espèces de coléoptères du genre *Byrrhodium* qui comptent parmi les petits animaux les plus fréquents des Schambelen (Lias). Les coléoptères de ce groupe se nourrissent de mousses et l'on peut supposer que le sol de la forêt et l'écorce des arbres étaient couverts en partie de mousses.

D'après Saporta et Marion, c'est dans les formations tertiaires que se trouvent des dépôts se rapportant à des cascades ou à des lacs, situés au sein de continents déjà étendus, qui renferment des restes de mousses bien reconnaissables.

Parmi les mousses des couches tertiaires, nous trouvons des espèces qui se rapprochent des types actuels, comme par exemple celles des genres *Thuidium*, *Fontinalis*, *Weisia*, etc.

Si les mousses descendent réellement des algues, elles avaient donc subi pendant l'ère tertiaire la différenciation dont elles étaient susceptibles; car les genres que nous venons de nommer renferment des mousses dont l'organisation est déjà bien perfectionnée. Il est donc fort probable que le *Thamnium Alopecurum* existait pendant l'époque glaciaire et que, sur la moraine sous-lacustre d'Yvoire, il s'est peu à peu adapté à une vie aquatique semblable à celle que menaient ses ancêtres, les algues.

INTERRUPTEUR ÉLECTRIQUE J.-E. LECOULTRE

Planches VI, VII et VIII.

Dans la séance de notre Société du 17 novembre 1886, M. J.-E. Lecoultré, étudiant de la Faculté technique de l'Académie, première année, a présenté deux modèles d'un interrupteur électrique de son invention. Ces appareils, spécialement applicables au service d'éclairage, étaient caractérisés ainsi par l'inventeur : « Ces appareils diffèrent de ceux qui sont actuellement » en usage :

- » 1° Par la surface de contact, qui a la forme conique.
- » 2° Par le mécanisme d'interruption, qui permet de supprimer instantanément le courant électrique, qualité essentielle » que doit posséder tout interrupteur pour éviter la formation » de l'étincelle.
- » Chaque fois que l'on opère la fermeture ou l'ouverture du » courant, il se produit un mouvement de friction dans le cône, » ce qui maintient les surfaces de contact parfaitement polies. »

Par contre, ils présentaient l'un et l'autre l'inconvénient d'un mécanisme un peu compliqué, par conséquent d'une construction difficile et trop coûteuse.

Dès lors l'inventeur s'est efforcé de simplifier son appareil, afin de le rendre plus robuste, plus facile à construire, moins sujet à des dérangements. Pour atteindre ce résultat, il a dû

sacrifier l'instantanéité du mouvement d'interruption du courant, mais il a conservé le caractère essentiel de son appareil, le *contact conique*.

Au mois de mars 1887, il avait construit un modèle nouveau, dont plusieurs exemplaires ont fonctionné pendant l'exposition du Havre et ont donné les meilleurs résultats (type 1).

Poursuivant ses essais pendant les rares heures de liberté que lui laissaient ses études, M. Lecoultre est arrivé, en août dernier, à donner à son interrupteur une forme définitive qui nous paraît répondre aux exigences de la pratique et nous avons pensé intéresser les lecteurs du bulletin en leur donnant des dessins des trois types de construction et une description sommaire du dernier système (type III).

L'interrupteur se compose d'une boîte isolante (bois, caoutchouc, etc.), dont le couvercle B se visse sur le fond A. Celui-ci peut se fixer, contre une paroi par exemple, par deux vis a' et a'' ; il porte deux segments métalliques D E, maintenus par les vis ddf et eeg et les conducteurs aboutissent aux bornes f et g par l'ouverture A". Les deux segments, suffisamment écartés l'un de l'autre, possèdent ensemble une creusure conique dans laquelle s'engage une sorte de piston C, également conique, lorsqu'on veut fermer le circuit.

La tête du piston C a la forme de deux troncs de cône réunis par leurs bases; la tige se prolonge dessus et dessous cc' . La portion inférieure c' sert de guide en glissant dans le canon c'' et maintient un centrage parfait de la tête du piston par rapport à la creusure des segments, dans laquelle elle doit s'engager pour la fermeture du circuit; l'extrémité supérieure de la tige est munie d'un pas de vis et porte le bouton b , dont la partie inférieure, cylindrique, glisse librement dans une ouverture du couvercle B.

La tête du piston est retenue dans ses deux positions extrêmes, fig. 1 et 2, par les extrémités du ressort F', lesquelles pressent sur une saillie médiane de la tête du piston et assurent un bon contact, lorsque le courant doit passer, fig. 1. Elles pressent au contraire sous la même saillie et maintiennent le piston relevé, lorsque le circuit est interrompu, fig. 2.

La forme et le mode de fixation du ressort F' sont suffisamment indiqués par les fig. 4 et 5.

Le type I diffère de celui que nous avons décrit, par la forme du piston C dont la tige c' , supérieure seulement, est guidée par

un canon c'' placé dans le couvercle de la boîte et par le mode de fixation du ressort F, fig. 4.

Ce modèle exige un soin particulier dans la confection des boîtes, parce que la moindre défectuosité dans le pas de vis nuit au centrage du piston par rapport aux segments et, par conséquent, à l'excellence du contact.

Dans le type II, l'inventeur a voulu :

1° Eviter cet écueil en fixant les segments D E et le canon c'' dans le couvercle B.

2° Obtenir la fermeture du circuit en tirant le bouton b et l'interruption par le mouvement inverse.

Les segments portent chacun un des prolongements verticaux d' , e' , qui viennent s'appliquer contre les pièces d'' e'' du fond A auxquelles aboutissent les conducteurs. Les vis de pression G H fixent le couvercle sur le fond et assurent un bon contact des pièces $d'd''$ et $e'e''$. Dans ce modèle le centrage des pièces essentielles est plus sûr et plus facile, mais l'ensemble est plus compliqué et plus sujet à se déranger.

En modifiant la forme du piston et en plaçant la tige guide c' et le canon c'' en dessous, M. Lecoultré a su combiner dans son type III les qualités des deux précédents et conserver à la fois la simplicité du type I et le centrage parfait du type II. Le changement apporté dans le mode de fixation du ressort F supprime l'obligation de conserver au couvercle de la boîte une épaisseur assez forte et permet d'en varier les formes extérieures à volonté.

La modification de forme du piston et le transfert de la tige c' et du canon c'' en dessous ont en outre fait disparaître toute portion métallique de la partie visible et tangible de l'appareil.

Enfin, ce qui a bien son importance pour les consommateurs, le dernier modèle conserve toutes les qualités nécessaires pour un bon fonctionnement et peut être livré à des conditions très favorables.

F. ROUX.





Fig. 4.

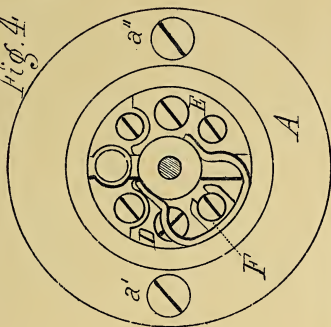


Fig. 5.

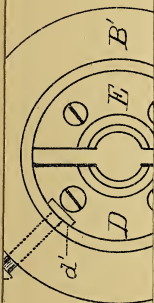
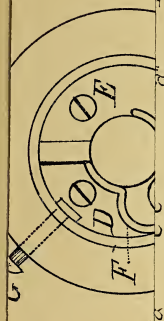
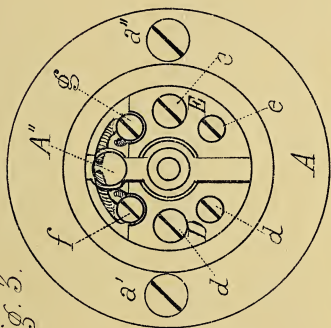
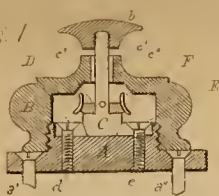


Fig. 1



Type I.

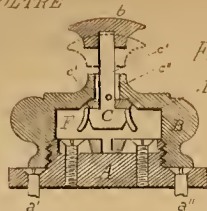


Fig. 2

Fig. 3

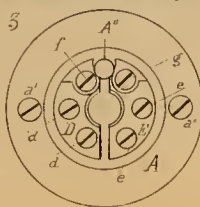


Fig. 4

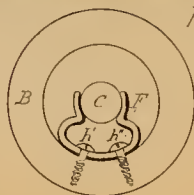
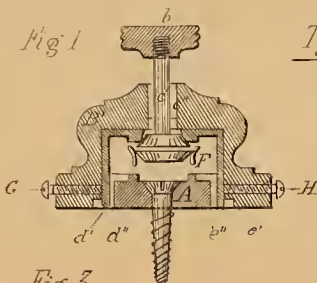


Fig. 1



Type II.

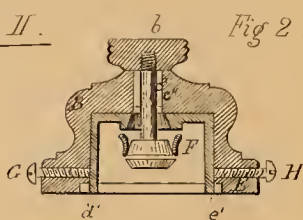


Fig. 2

Fig. 3

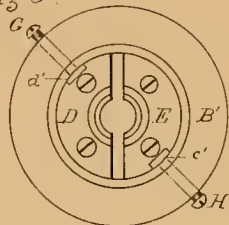


Fig. 4

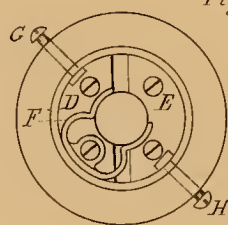


Fig. 5

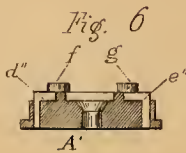


Fig. 6

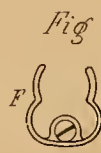
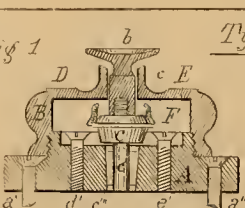


Fig. 7

Fig. 1



Type III.

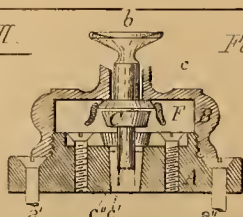


Fig. 2

Fig. 3

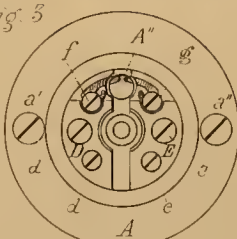


Fig. 5

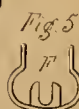
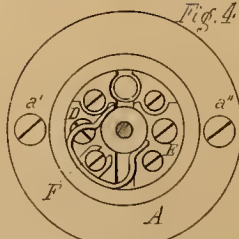


Fig. 4



LES MICRO-ORGANISMES PÉLAGIQUES

des lacs de la région subalpine, *

par le Dr F.-A. FOREL, de Morges,
professeur à l'Académie de Lausanne.

Les recherches récentes ont beaucoup étendu nos connaissances sur la population pélagique des lacs d'eau douce. Ces faits présentent un intérêt général et je veux les résumer rapidement.

On a connu de tous temps les poissons pélagiques ; dans les lacs du centre de l'Europe, ils sont représentés en particulier par les Corégones qui vivent en troupes à la surface des eaux du plein lac, et par les poissons carnassiers, Truites, Brochets, etc., qui parcourent dans leurs chasses les diverses régions du lac, et entre autres la région pélagique.

Dans les vingt dernières années, l'attention des naturalistes a surtout été attirée sur les Entomostracés pélagiques, Cladocères et Copépodes, peu nombreux en espèces, une dizaine, une quinzaine au plus suivant les lacs, mais très abondants en individus. Une pêche bien ordonnée, avec un filet de Müller, en récolte en quelques minutes des centaines et des milliers. Ils sont remarquables par la transparence de leur corps, qui, véritable fait de mimique, les protège contre la poursuite de leurs ennemis, et par leurs mœurs crépusculaires qui les font suivre la limite de la zone éclairée ; ils descendent pendant le jour à 10, à 20 mètres et plus, et remontent à la surface pendant la nuit ¹.

A côté des Entomostracés, nous trouvons dans nos filets des Algues pélagiques, dont les flocons sont parfois très nombreux. Dans le Léman, c'est une Palmellacée, *Pleurococcus angulosus*, et une Nostochacée, *Anabæna circinalis*, cette dernière hébergeant constamment des colonies de Vorticelles, *Vorticella convallaria* ².

¹ F.-A. Forel. La faune pélagique des lacs d'eau douce. Archives de Genève, VIII, 230. 1882.

² F.-A. Forel. La faune profonde des lacs suisses, p. 88. Genève et Bâle, 1885.

* Note de l'Editeur. Reproduction d'un article publié sur ce sujet par M. le professeur F.-A. Forel dans la *Revue scientifique* de Paris, en 1887 (XXIX, 113).

Outre ces organismes, qui tous sont encore visibles à l'œil nu, divers naturalistes ont signalé dans la région pélagique de nos lacs une foule d'animaux et de plantes, qu'on peut désigner, vu leur petitesse, sous le terme général de micro-organismes. Maggi¹ et Cattaneo², de Pavie, ont étudié dans les lacs italiens les Infusoires et les Microbes, 1880-1882. — Pavesi, de Pavie aussi, indiquait en 1883 les Péridiniens comme un élément constant de la faune pélagique³. — Imhof, de Zurich, qui a entrepris en 1882 des études d'ensemble sur les organismes des lacs de toute la région subalpine française, suisse, autrichienne et italienne, s'est attaché surtout aux Rotateurs, aux Infusoires et aux Cilioflagellés⁴. — H. Blanc, de Lausanne, dès 1884 a étudié les Péridinicus et les Rhizopodes du Léman⁵. — F. Brun, de Genève, en 1884, constatait une foule d'espèces d'Algues inférieures, de Diatomées et de Schizomycètes dans la région pélagique des environs de Genève⁶.

Ces recherches ont considérablement enrichi nos catalogues, et le tableau de la Société pélagique, qui était absolument ignorée jusqu'à nos jours, est devenu bientôt fort compliqué. J'en donnerai un exemple en établissant celui du lac Léman, tel que nous le connaissons aujourd'hui, janvier 1888.

Faune pélagique.

VERTÉBRÉS. OISEAUX. Une vingtaine d'espèces de passage. Palmipèdes appartenant aux genres *Anas*, *Mergus*, *Larus*, *Sterna*, *Colymbus*, *Podiceps*.

POISSONS. *Coregonus fera*, *C. hyemalis*, *Salmo umbla*, *Trutta variabilis*, *Esox lucius*.

¹ *Th. Maggi*. Esame protistologico dell'acqua di alcuni laghi ital. Boll. scientif. II, 35. Pavie, 1880.

² *G. Cattaneo*. Sui protisti del lago di Como. Boll. scientif. III, 111. Pavie, 1882.

³ *P. Pavesi*. Altra serie di studi sulla fauna pelagica dei laghi italiani. Padova, 1883.

⁴ *O.-E. Imhof*. Studien z. Kenntniss der pelag. Fauna der schweizer Seen. Zool. Anzeig. VI, 466. Leipzig, 1883. — Resultate meiner Studien üb. d. pelag. Fauna. Leipzig, 1884, etc.

⁵ *H. Blanc*. Note sur le Ceratium hirundinella. Bull. soc. vaud. sc. nat. XX, 305. Lausanne, 1884.

⁶ *F. Brun*. Végétations pélagiques et microscopiques du lac de Genève. III^e bull. de la Soc. botanique de Genève, 1884.

ARTHROPODES. ARACHNIDES. *Atax crassipes*.

CRUSTACÉS. *Daphnia hyalina*, *D. mucronata*, *Bosmina longispina*, *Bythotrephes longimanus*, *Leptodora hyalina*, *Diaptomus castor*, *Cypris ovum*.

VERS. ROTATEURS. *Asplanchna helvetica*, *Conochylus volvox*, *Anurea longispina*, *A. trochlearis*, plus deux autres formes non encore déterminées.

PROTOZOAIRES. INFUSOIRES. *Vorticelle convallaria*, *Epistylis lacustris*, *Acineta elegans*.

FLAGELLÉS. *Dinobryon divergens*, *D. cylindricum*.

CILIO-FLAGELLÉS. *Peridinium sabulatum*, *Ceratium hirsutinella*.

Flore pélagique.

ALGUES. PALMELLACÉES. *Pleurococcus angulosus*, *Pl. palustris*, *Protococcus viridis*, *Pr. fluvialis*, *Glæocapsa polydermatra*.

DESMIDIACÉES. *Scenodesmus quadricornis*, *Cosmarium botrytes*.

DIATOMÉES. *Asterionella formosa*, *Nitzschiella pecten*, *Cyclotella comta*, plus une vingtaine d'espèces moins fréquentes, appartenant aux genres *Cyclotella*, *Nitzschia*, *Tabellaria*, *Diatoma*, *Synedra*, *Cymbella*, *Mastogloia*, *Navicula*.

OSCILLANÉES. *Oscillaria nigra*.

NOSTOCHACÉES. *Nostoc tennissimum*, *Anabæna circinalis*, *A. flos aquæ*.

CHAMPIGNONS. SCHIZOMYCÈTES. *Leptothrix rigidula*, *Bacterium lineola*, *Bacillus ulna*, *Sarcina punctata*.

Grâce à ces recherches, nous savions bien que les micro-organismes pélagiques sont nombreux en espèces; nous avons appris récemment combien ils sont nombreux en individus.

Au printemps de 1886, le Dr G. Asper, de Zurich, et son ami Heuscher¹, ont employé pour la pêche pélagique des filets à maille assez fine pour recueillir tous ces organismes de très petite taille; ils ont choisi la mousseline de soie qu'on tisse pour les tamis de meunerie, avec 50 ou 60 fils par centimètre, dont les mailles n'ont plus que deux centièmes de millimètre de lar-

¹ *Asper u. Heuscher. Eine neue Zusammensetzung der pelagischen Organismenwelt. Zool. Anz. n° 228. Leipzig, 1886.*

geur (n° 170 à 190 du commerce). Avec ces filets rien n'échappe. On trouve alors dans le produit de la pêche, non pas quelques individus isolés, mais des centaines, mais des milliers, des millions de micro-organismes; on voit alors combien les eaux en apparence les plus pauvres sont en réalité richement peuplées.

La pêche varie d'un jour à l'autre; tantôt c'est l'une, tantôt c'est une autre des espèces qui domine. Un jour, c'est l'une ou l'autre des Diatomées, un autre jour des Dinobryon, un autre jour des Ceratium, ou des Rotateurs. Le groupement, la proportion numérique des espèces diffèrent d'une pêche à l'autre, peut-être d'une place à l'autre dans le lac. Mais c'est toujours en nombre immense que l'on rencontre ces petits êtres microscopiques. Asper a essayé de compter ce qu'il avait un jour au fond d'un filet de 20 centimètres de diamètre, après l'avoir promené dans le lac de Zurich l'espace de 200 mètres; il avait ainsi tamisé environ 6 mètres cubes d'eau. Il y a trouvé: 2400 *Anurea longispina*, 3000 *Anurea foliacea*, 18,000 *Ceratium hirundinella*, des millions de *Dinobryon* et d'*Asterionella*.

J'ai répété ces pêches en 1886 et 1887 dans le lac Léman, et je puis, pour ses eaux aussi, confirmer les résultats d'Asper. C'est en nombre immense, incalculable, que les micro-organismes se multiplient dans les eaux bleues du lac Léman, comme dans les eaux vertes des lacs de Zurich, de Zoug, des Quatre-Cantons ou de Constance. Il y a pareillement la même variété d'un jour à l'autre.

La région pélagique de nos lacs est donc riche en gros animaux, les Poissons; très riche en animaux de moyenne taille, les Entomostracés; prodigieusement riche en micro-organismes végétaux et animaux. Le monde des infiniment petits y est, comme il l'est partout, infiniment peuplé.

Ces découvertes sont précieuses, elles nous donnent les chaînons qui nous manquaient pour comprendre dans nos lacs le cycle de la circulation de la matière organique, entre la nature morte et la nature vivante.

Le premier terme de ce cycle est la matière organique morte ou non organisée, qui le présente sous deux formes. D'une part, la matière organique dissoute; les recherches de divers chimistes genevois¹ nous ont appris que, dans chaque litre d'eau du Léman, il y a environ 10 milligrammes de matières révélabiles

¹ F.-A. Forel. Faune profonde, loc. cit., p. 40.

par le permanganate de potasse (Méthode de Kübel). D'autre part, les poussières aquatiques provenant de la dissociation des animaux et plantes qui ont vécu soit dans le lac, soit sur la terre ferme (ces dernières amenées dans le lac par les affluents et par les vents). Ces poussières aquatiques sont mises en évidence, soit par la filtration mécanique de l'eau, soit par les études optiques sur la transparence des eaux du lac.

Le deuxième terme est la phase d'organisation. La matière organique morte est assimilée par les micro-organismes et transformée par eux en matière vivante. Les microphytes absorbent directement la matière dissoute. Ce sont, d'une part, les Microbes, Bactéries, Vibrions, etc., que les recherches de Fol et Dunant¹, en 1884, ont évalués au nombre de 38 par centimètre cube, de 38,000 par litre. Ce sont, d'autre part, ces Algues inférieures que nous venons de voir si prodigieusement abondantes. Quant aux Microzoaires, Infusoires, Amibes, Flagellés, Cilio-Flagellés, ils absorbent les poussières aquatiques et les font entrer en nature dans le protoplasme de leur tissu.

Le troisième terme est la phase de circulation de la matière organique d'un être à l'autre. Tous ces organismes sont mangés par des animaux plus gros ou plus forts et la matière organique passe successivement des Rotateurs et Entomostracés phytophages aux Entomostracés carnivores, aux Poissons insectivores et aux Poissons carnassiers.

Le quatrième terme est la phase de désorganisation. Tous, animaux et plantes, soit pendant leur vie, soit après leur mort, rendent au lac la matière de leurs tissus, soit par leurs sécrétions qui se dissolvent dans l'eau, soit par leurs déjections et leurs cadavres, qui se résolvent par dissociation en poussières aquatiques, par putréfaction en matières organiques dissoutes.

Ce quatrième terme nous ramène au point où nous avons fait commencer le cycle.

Mais la région pélagique d'un lac n'est point enfermée en un vase clos, et sans relation avec les régions avoisinantes. J'ai à signaler les rapports suivants :

a) Les cadavres des animaux pélagiques sont plus lourds que l'eau; ils tombent donc au fond du lac où ils renouvellent la provision de nourriture de la faune abondante que nous y avons

¹ H. Fol et P.-L. Dunant. Nombre des germes vivants dans les eaux de Genève. *Mém. Soc. physique*, XXIX, 3. Genève, 1884.

constatée par des recherches spéciales ¹. Les matériaux qui sont ainsi sortis de la région pélagique se dissoudront de nouveau dans la grande masse de l'eau du lac; les analyses de l'argile lacustre moderne nous ont en effet appris que celle-ci incorpore dans les couches profondes extrêmement peu de matières organiques; que tout ce qu'elle renfermait en ce genre dans ses couches superficielles lui a été enlevé par les phénomènes de la fermentation putride;

b) Un certain nombre de poissons pélagiques sont pêchés par l'homme, la loutre et les oiseaux piscivores, et sont mangés et utilisés en dehors du lac. Ces matériaux seront rendus au lac par la voie des affluents;

c) Le fleuve émissaire du lac emmène constamment de l'eau chargée de matières organiques. J'ai calculé, d'après le débit du Rhône, à Genève, que la somme totale des matières organiques, entraînées par l'émissaire du Léman et emportées loin de notre vallée, à la mer, s'élève, année moyenne, au poids considérable de 70,000 tonnes de 1000 kilog. Comme, d'autre part, nous avons vu que la hauteur normale de l'eau en matières organiques reste à peu près constante, il faut admettre qu'il en rentre une quantité égale par la voie des affluents et de la pluie.

Ces considérations sur la circulation de la matière organique entre les êtres ne sont pas spéciales à notre lac; elles sont analogues à celles que provoque l'étude d'un district quelconque de la nature. Mais elles sont nouvelles pour nous, qui n'avons appris que récemment à connaître la population de ces eaux transparentes, supposées jusqu'à présent désertes ou peu habitées. Peut-être aussi, à d'autres titres, intéresseront-elles les naturalistes qui s'occupent des problèmes de la vie, dans d'autres contrées et dans d'autres conditions de milieu.

¹ *F.-A. Forel. La faune profonde des lacs suisses. Genève, 1885.*

LA MOLASSE DE LA BORDE

Notice par Maurice LUGEON,

préparateur au Musée géologique vaudois.

Planche IX.

Au milieu du mois de mars 1885, les travaux de terrassement pratiqués dans le vallon de la Borde, en vue de la construction des nouveaux abattoirs de Lausanne, mirent à découvert, à 1^m50 de profondeur, et au moment où l'on s'y attendait le moins, un gros bloc de molasse. Celle-ci appartient au Langhien (Miocène moyen), comme la molasse du Tunnel de Lausanne, si connue par ses plantes fossiles. Ce bloc était à peu près au milieu de l'emplacement actuel des abattoirs, et provenait sans doute d'un éboulement ancien des couches supérieures de molasse qui se trouvent dans la forêt dominant le vallon de la Borde. Il était riche en fossiles, et contenait en particulier une grande abondance de feuilles de *Cinnamomum* et de *Populus*.

Au mois de mai, on découvrit de nouveaux blocs éboulés, mais provenant d'une couche plus inférieure et d'une teinte plus grise. Ils contenaient une quantité de folioles d'*acacia parschlugiana*, Hr. M. Ch. Paris en possède une feuille complète montrant très bien la foliole impaire. C'est également dans l'un de ces blocs que j'ai trouvé une belle feuille de *Kædreuteria Oeningensis*, Hr., décrite dans la *Flora tertiaria helvetiæ* comme espèce oeningienne.

Après l'exploitation des blocs isolés, on atteignit la molasse en place sur une longueur d'environ 8 mètres. Une après-midi de juillet, les ouvriers mirent au jour, en ma présence, après quelques coups de mine, un grand palmier, *Sabal major* (Ung), Hr. La partie visible de l'arbre (voir la planche) mesurait 6^m50 de longueur, dont environ 3 mètres pour le tronc. On voyait très bien les feuilles, au nombre de 7, rayonner autour d'un point qui devait être le centre de ramification des pétioles. Ce point était caché par un fragment de molasse non encore exploité. Vu la position générale de l'arbre et la bonne conservation de ses feuilles, trop intactes pour avoir été roulées, on peut affirmer que le palmier a été renversé par une tempête ou par une autre cause, et enfoui sur place peu de temps après. Un peu au-

dessous de ce sabal, j'ai trouvé trois feuilles de *Sabal Lamanoris*, Br. sp.

Grâce à la bienveillance de M. Paris, qui m'a très obligeamment fait part de ses trouvailles, je crois devoir fournir ci-après la liste des espèces récoltées dans ce gisement, trop tôt épuisé :

LISTE DES ESPÈCES

(classées d'après la *Flora tertiaria helvetiæ*.)

Champignons.

Sphæria sp. sur Manicaria formosa.

Conifères.

Pinus Lardyana, Hr.

Graminées.

Arundo Gœpperti, Münst sp.

Phragmites ceningensis, A. Br.?

Palmées.

Sabal Lamanoris, H.

Sabal major (Ung.), Hr.

Manicaria formosa, Hr.

Geonoma Steigeri, Hr.

Phœnicites spectabilis, Ung.

Calamopsis Bredana, Hr.

Scitaminées.

Zingiberites multinervis, Hr.

Salicinées.

Populus latior, A. Br.

— melanaria, Hr.

— balsamoides, Gp.

— mutabilis, Hr.

— Gaudini, Fisch.

Salix tenera, A. Br.

Myricées.

Myrica salicina, Ung.

Betulacées.

Alnus nostratum, Ung.

Betula Blancheti, Hr.

Cupulifères.

Carpinus grandis, Ung.

Corylus insignis, Hr.

Ulmacées.

Planera Unger, Ett.

Morées.

Ficus lanceolata, Hr.

— multinervis, Hr.

— Jynx, Ung.

Laurinées.

Laurus obovata, Web?

Cinnamomum Rossmässleri Hr.

— Scheuchzeri, Hr.

— lanceolatum, Ung. sp.

— polymorphum, A. Br. sp.

— Buchi, Hr.

Daphnogene Unger, Hr.

Proteacées.

Dryandroides lignitum, Ung. sp.

Büttneriacées.

Dombeyopsis Decheni, Web.

Sapindacées.

Kœlreuteria ceningensis, Hr.

Ilicinées.

Ilex berberidifolia, Hr.?

Rhamnées.

Rhamnus Gaudini, Hr.



Juglandées.

Juglans obtusifolia, Hr. ?

Papilionacées.

Robinia Regeli, Hr.

Cassia lignitum, Ung.

Mimosées.

Acacia parschlugiana, Ung.

— cyclosperma, Hr.

— Sotzkiana, Hr.

— microphylla, Ung.

Il y a donc en tout 45 espèces déterminées.

L'examen de cette florule nous la montre un peu plus récente que celle du Tunnel.

M. Paris possède en outre une empreinte végétale qui ressemble à un sépale de *nymphéacée*, mais que nous n'avons pu déterminer plus exactement.

Des travaux pratiqués dernièrement près des abattoirs, dans une couche de molasse, ont amené la découverte de dents dont quelques-unes appartiennent probablement au *Paleomeryx Scheuchzeri*; quelques débris d'ossements les accompagnaient.

Enfin, dans une couche de marne remplie de fragments de planorbes, lymnées et helix, j'ai trouvé des graines bien caractérisées de *Potamogeton geniculatus*, A Br.

Décembre 1887.



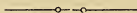
ANALYSES

de jus de raisins du vignoble de Montreux et Villeneuve, provenant
des vignes de M. Julien Dubochet,

faites par Ed. SCHMIDT, pharmacien.

Montreux.	Sucre %	Acide %	Villeneuve.	Sucre %	Acide %
1880	15.2	0.9	—	—	—
1881	17.8	1.1025	—	—	—
»	17.5	1.0867	1881	18.525	1.1025
1882	16.6	1.085	1882	16.726	0.9075
1883	16.9	1.085	1883	17.64	1.1025
1884	15.7	0.915	1884	15.23	1.005
»	16.8	0.924	Grélé »	15.00	1.0935
1885	16.34	0.975	1885	16.25	0.9075
»	15.2	0.975	—	—	—
1886	16.7	0.7452	1886	17.7	0.66
1887	18.8	1.03	1887	20.18	0.9052

Vernex-Montreux, octobre 1887.



DE LA NATURE DES MOUVEMENTS FONCTIONNELS DU CŒUR

par A. HERZEN

L'ancienne idée, d'après laquelle les mouvements rythmiques du cœur seraient dûs à l'existence, dans le cœur, d'un petit système nerveux complet, ayant ses centres, moteurs et inhibiteurs, et ses nerfs, afférents et efférents, est aujourd'hui abandonnée de la plupart des physiologistes; elle a succombé à une série de faits, en grande partie connus depuis longtemps, mieux étudiés dans les dernières dix ou douze années¹; beaucoup commencent même à voir dans les mouvements rythmiques en général, quand ils ne sont pas manifestement réflexes, et particulièrement dans ceux du cœur, l'effet d'une propriété physiologique inhérente au tissu musculaire, à la substance contractile elle-même, et entrant en jeu non-seulement en l'absence d'un *centre* nerveux quelconque, mais en l'absence de tout *élément* nerveux, même *périphérique*; l'excitant qui provoque les mouvements en question agirait non pas sur les terminaisons nerveuses répandues dans l'épaisseur du muscle, et, par leur intermédiaire, indirectement, sur la substance contractile, mais directement et d'une façon immédiate, sur les fibres musculaires elles-mêmes. Bref, d'après la nouvelle manière de voir, qui gagne rapidement

Note de l'éditeur. — Le présent mémoire et l'appendice ont formé le sujet de plusieurs communications faites successivement en 1886, 87 et 88 à la Soc. Vaud. des Sc. Nat. L'introduction et les trois premières parties ont été publiées dans la *Semaine médicale*, nos du 24 novembre 1886 (*L'irritabilité du tissu musculaire et la rigidité cadavérique*), et du 11 avril 1888 (*Innervation du cœur*). Le contenu de l'appendice a formé la seconde partie du premier de ces articles; bien qu'il ne se rapporte pas directement aux mouvements fonctionnels du cœur, il complète néanmoins utilement les notions qui se rapportent à la contraction idiomusculaire; c'est pourquoi l'auteur le reproduit à la suite de ce travail.

¹ On trouvera un bon aperçu de ces observations dans l'exposé qu'en a fait François Franck dans la *Gazette hebdomadaire* du 15 avril 1881, p. 225, exposé résumé et complété dans la thèse d'agrégation de M. le Dr A. René, *Propriétés physiologiques du muscle cardiaque*. (Paris, Steinheil, 1886.)

du terrain, surtout en France, les mouvements fonctionnels du cœur seraient des contractions *idiomusculaires*, et l'alternance incessante des systoles et des diastoles serait un phénomène d'origine purement *myogénétique*.

C'est là une conclusion qui dépasse évidemment les faits sur lesquels on veut l'établir; s'ils prouvent que les ganglions du cœur, auxquels on donnait tant d'importance, n'en ont aucune comme producteurs des mouvements rythmiques du myocarde, ils ne prouvent en aucune façon que ces mouvements puissent avoir lieu en l'absence de *fibres* nerveuses ou de leurs terminaisons périphériques. Est-ce donc réellement que les *deux tiers* du ventricule manquent absolument de fibres nerveuses visibles? Et l'absence de fibres *visibles* est-elle donc une preuve de l'absence *totale* d'éléments nerveux? Qui oserait le prétendre, en face de notre ignorance complète de la vraie terminaison des fibres motrices intramusculaires?

La plupart des auteurs sentent plus ou moins nettement cette lacune; quelques-uns disent au début qu'ils vont s'occuper des faits qui démontrent que les mouvements rythmiques coordonnés continuant à se produire, dans certaines conditions, dans la pointe du cœur détachée du reste de l'organe, les ganglions ne sont pas indispensables à la production de ces mouvements, et que ceux-ci sont par conséquent dûs à une propriété spéciale *des terminaisons nerveuses contenues dans le muscle cardiaque, ou de ce muscle lui-même*; puis, après avoir exposé les faits en question, ils concluent en faveur de cette dernière alternative, sans plus revenir sur la première: il n'y a point de ganglions, *donc* c'est le muscle? Et les terminaisons nerveuses? Elles sont oubliées.

Cela tient, sans nul doute, au peu d'importance que l'on accorde à la distinction entre la contraction *idiomusculaire* et la contraction *nevromusculaire*, et à ce que l'on prend celle-ci pour l'expression de l'irritabilité propre du tissu musculaire. C'est pourquoi je tiens à donner ici cette distinction, qui nous servira à établir la nature *nevromusculaire* des contractions du cœur, et par conséquent la nature *nevrogénétique* du rythme de ses pulsations.

I.

Lorsque nous provoquons des contractions, en appliquant une secousse électrique à la surface d'un muscle, irritons-nous le tissu musculaire ou le tissu nerveux? Le résultat étant exacte-

ment le même dans le cas où la secousse porte sur le tronc nerveux, en dehors du muscle, que dans celui où elle frappe le muscle lui-même, il y a une forte présomption en faveur de l'identité des conditions qui déterminent dans ces deux cas la contraction musculaire; dans l'un comme dans l'autre, le tissu irrité semble être le tissu nerveux; mais, s'il en est ainsi, nous sommes forcé de considérer le tissu musculaire comme n'ayant point d'irritabilité propre et ne pouvant être mis en activité par aucun autre stimulus que par le stimulus nerveux.

Telle est, en effet, l'opinion que soutenaient autrefois les disciples de Willis; mais Haller s'y opposa et soutint, au contraire, que le muscle possède une irritabilité propre, indépendante des nerfs; il se fondait sur le fait qu'un muscle séparé de son nerf, et même isolé du corps, peut être mis en contraction en appliquant à sa surface les stimulus qui agissent sur les nerfs; cependant, cette opinion était exposée à une objection par trop évidente: les nerfs se continuent et se ramifient dans l'intérieur du muscle; c'est eux que les stimulus, appliqués à ce dernier, mettent en activité et par eux le muscle. Aussi, l'opinion de Haller fut-elle d'abord généralement rejetée. Mais elle fut reprise plus tard par Longet et par Cl. Bernard, qui crurent en avoir démontré la justesse par deux voies complètement différentes, — en apparence, du moins, car au fond elles ne sont peut-être pas aussi différentes qu'elles semblent l'être de prime abord.

Longet sectionne des nerfs moteurs, constate leur dégénérescence jusque dans le muscle, montre que le muscle réagit tout de même aux excitations directes, et conclut à l'irritabilité propre du tissu musculaire. Cl. Bernard étudie l'influence paralysante du curare, croit avoir constaté que ce poison n'attaque point les troncs nerveux, mais bien leurs ramifications intramusculaires, trouve que les muscles réagissent néanmoins aux excitations directes, et conclut, lui aussi, à l'irritabilité propre du tissu musculaire. La très grande majorité des physiologistes se sont contentés de ces expériences et ont accepté les conclusions de leurs auteurs; cependant, les expériences et la conclusion dont il s'agit avaient été soumises à une critique serrée par Maurice Schiff, il y a plus de trente ans. (*Lehrb. d. Physiol.*, Lahr, 1858.)

Schiff ne nie pas le fait qu'en irritant directement les muscles d'un cadavre dont les *troncs* nerveux ne sont plus excitable,

ou bien des muscles dont les nerfs sectionnés sont dégénérés, ou bien encore des muscles dont les nerfs sont curarisés, on obtient des contractions; mais il soutient, de même qu'autrefois les adversaires de Haller, que ce fait ne constitue en aucune façon une démonstration suffisante, attendu qu'il n'exclut point la *possibilité* que, dans tous ces cas, les dernières terminaisons nerveuses aient conservé leur excitabilité. Ainsi, dans le cadavre, les nerfs moteurs, mourant, comme on le croit, du centre à la périphérie, il doit y avoir nécessairement un moment où leurs terminaisons intramusculaires sont encore vivantes, bien que les fibres à myéline soient déjà mortes; de plus, ajouterons-nous, est-on bien sûr que la perte de l'excitabilité produite par l'arrêt de la circulation procède réellement du centre à la périphérie? Ne se pourrait-il pas au contraire que la transmission souffre peu à peu dans toute la longueur du nerf, que la suspension de la nutrition y engendre une résistance croissante à la propagation de l'activité nerveuse? Toutes les recherches des dernières années sont favorables à cette dernière supposition; le nerf meurt peu à peu *dans toute son étendue* et, à un moment donné, une irritation, appliquée à un point de son trajet assez éloigné du muscle, ne donne point de contraction à cause de la résistance augmentée dans le trajet plus rapproché du muscle; l'effet se manifeste encore si on transporte l'irritation plus périphériquement, parce que la résistance à vaincre est alors beaucoup moins grande; plus tard, aucune excitation du nerf en dehors du muscle ne produit plus de contraction; mais on l'obtient encore en appliquant l'irritation au muscle lui-même, parce qu'alors il n'y a point de résistance à vaincre : on irrite directement les terminaisons nerveuses, et rien ne prouve que l'on ait irrité le tissu musculaire; il est, au contraire, très probable que l'on a mis en jeu le dernier reste d'excitabilité des terminaisons nerveuses. Pour le cas des nerfs dégénérés, il pourrait bien en être de même; la dégénérescence ne se laisse constater que dans les fibres à myéline; les terminaisons amédullaires survivent peut-être. Or, s'il y avait moyen de démontrer que les secousses, totales ou partielles, que l'on obtient en irritant directement des muscles dont les troncs nerveux sont morts ou dégénérés, dépendent réellement de la survie et de l'excitabilité des terminaisons nerveuses, on aurait du même coup démontré qu'il en est de même dans l'empoisonnement par le curare et l'on serait forcé de reconnaître que ce poison épar-

gne les derniers filaments terminaux des nerfs, ou du moins qu'il ne les attaque pas plus profondément que le parcours tout entier des fibres motrices; cette conclusion est déjà rendue probable par les recherches récentes qui ont démontré que l'effet du curare sur les *trunks* nerveux est identique à celui de l'interruption de la nutrition: il ralentit la transmission, il introduit une résistance de plus en plus difficile à vaincre, la variation négative est retardée et ralentie, la contraction musculaire est affaiblie, elle se manifeste seulement si l'on irrite le nerf tout près du muscle, et enfin seulement si on applique l'irritation au muscle lui-même. Mais il ne sera possible de démontrer cette manière de voir qu'après avoir trouvé un moyen qui tue ou paralyse sûrement, durablement ou temporairement, les filaments terminaux des nerfs, dans l'épaisseur du muscle, sans attaquer ou altérer en aucune façon le tissu musculaire lui-même et après avoir montré que les muscles, ainsi garantis contre toute ingérence nerveuse, ne réagissent pas aux excitations directes de leur substance; et si, dans ces conditions, les muscles ne réagissent à *aucune* excitation, on aura du même coup démontré que le tissu musculaire ne possède point d'irritabilité propre.

Valentin, Eckhard et Pflüger ont montré qu'un courant de pile ascendant, suffisamment fort, rend toute la périphérie du nerf absolument insensible au stimulus électrique; or, simultanément, le muscle cesse de réagir aux irritations électriques directes¹. Aurait-il perdu toute excitabilité? Non, car il suffit de le frapper d'un petit coup sec, ou même de frôler sa surface avec un corps résistant (le manche du scalpel, par exemple), ou d'humecter un point quelconque de sa surface avec un liquide irritant, pour voir bientôt apparaître une contraction *limitée à la partie du muscle qui a été atteinte* par le stimulus mécanique ou chimique². Il paraît donc qu'il est encore excitable; et cependant il ne réagit plus à l'électricité. Que pouvons-nous conclure

¹ Dans toutes ces expériences, on se sert, pour irriter le muscle, exclusivement de secousses d'*induction*; les courants de pile doivent être évités à cause des produits d'électrolyse qui se forment sous leur influence et qui, par leur action sur le tissu musculaire, peuvent induire en erreur. L'électrolyse produite par les courants induits est tellement insignifiante qu'elle peut être négligée.

² L'irritation *mécanique* est la seule applicable à des recherches sur ce sujet; les substances irritantes ont le très grave inconvénient de pénétrer dans l'épaisseur du muscle et de ne plus pouvoir être écartées.

de cette expérience? Elle est susceptible de trois interprétations :

1° On peut supposer que l'électrotonus ascendant, quelque puissant qu'il soit, n'affecte point les dernières terminaisons des nerfs et que la contraction localisée, produite par l'irritation mécanique ou chimique, est due à l'excitabilité de ces terminaisons et non à l'irritabilité propre du tissu musculaire. Cette supposition est inadmissible, d'abord parce que l'application de l'électricité à un muscle dont les nerfs sont complètement dégénérés, produisant encore son effet habituel, il faut bien admettre que l'électrotonus, qui supprime cet effet, étend son influence au delà des fibres à myéline, et il faut admettre de plus qu'il l'étend aux dernières terminaisons des nerfs, car autrement il faudrait faire l'hypothèse plus qu'improbable *que ces terminaisons sont inexcitables à l'électricité*, puisque celle-ci ne produit plus aucun effet, bien qu'elle soit le stimulus le plus puissant, le plus subtil et le plus pénétrant du tissu nerveux. D'ailleurs, on aurait encore à expliquer la frappante et remarquable différence de forme et de durée entre la contraction immédiate, très rapide, s'étendant à toute la longueur des faisceaux musculaires et disparaissant aussitôt, qu'on obtient par l'électricité appliquée aux nerfs ou aux muscles contenant des nerfs excitables, et la contraction localisée, lente à se manifester et plus lente encore à disparaître, que les irritations mécaniques donnent dans l'expérience dont il s'agit.

2° On peut ensuite supposer que l'électrotonus ascendant très fort, qu'on est obligé d'employer pour obtenir le résultat qui nous occupe, ait non-seulement aboli l'excitabilité des nerfs jusqu'à leurs dernières terminaisons, mais qu'il ait en outre affecté le tissu musculaire lui-même, suffisamment pour l'empêcher de réagir à l'électricité, mais insuffisamment pour le rendre tout à fait inexcitable. Aucune expérience directe n'est possible pour sortir de cette difficulté; mais on peut la tourner par l'observation d'un muscle particulier qui se trouve, dans les conditions normales, fréquemment et périodiquement dans l'état que nous produisons artificiellement sur les autres muscles, justement par l'application d'un fort électrotonus ascendant à leur nerf : ce muscle c'est *le cœur*. Dès que le cœur a accompli une systole, il entre en diastole; or, une irritation électrique, suffisante pour produire une secousse de contraction dans tout autre muscle, appliquée directement à la surface du cœur, n'y

produit *pas toujours* une contraction : si elle a lieu *au commencement* de la diastole, elle ne produit aucun effet. Le muscle cardiaque serait-il à ce moment épuisé au point d'avoir perdu toute excitabilité ? Non, car il réagit alors à toute irritation mécanique, exactement de la même manière qu'à tout autre moment, exactement comme le muscle de l'expérience que nous analysons, non pas par une contraction rapide de toute la longueur de ses faisceaux, c'est-à-dire par une espèce de systole, partielle ou totale, mais par une contraction tardive et lente, localisée au point irrité, se maintenant quelquefois au travers de plusieurs diastoles, et ne se dissipant que peu à peu. Dans ce cas, aucune influence artificielle électrotonique n'est en jeu et les phénomènes étant identiques à ce qu'ils sont dans l'expérience avec l'électrotonus ascendant, il n'y a aucune raison d'admettre que celui-ci ait modifié les propriétés du tissu musculaire, — du moins assez profondément pour le priver de son excitabilité par l'électricité, si toutefois le muscle possédait réellement cette excitabilité.

3° On peut enfin supposer, et c'est la seule possibilité qui reste, que l'électrotonus ascendant, appliqué comme il a été dit, remplit toutes les conditions voulues, c'est-à-dire qu'il paralyse réellement les nerfs intramusculaires jusqu'à leurs dernières terminaisons, sans affecter en aucune façon le tissu musculaire ; or, les deux suppositions précédentes étant insoutenables, celle-ci est évidemment la seule qui exprime le véritable état des choses ; et, s'il en est ainsi, il s'ensuit que le *tissu musculaire*, réduit à son irritabilité propre, *ne réagit point au stimulus électrique, mais seulement aux excitations mécaniques et chimiques*, et que, par conséquent, toutes les fois que l'électricité appliquée directement à la substance d'un muscle y produira une contraction, cela voudra dire que les terminaisons nerveuses sont encore irritables ; on aura alors la contraction *névromusculaire*, tandis que si les nerfs sont réellement inactifs, on aura la contraction *idiomusculaire*. (Schiff.)

Il paraît donc, en somme, que le tissu musculaire n'est pas dépourvu d'une irritabilité propre, mais que celle-ci n'est mise en jeu que par les excitations mécaniques ou chimiques, et point par le stimulus électrique. De plus, comme l'électricité est encore active dans l'empoisonnement par le curare, il faut bien admettre que ce poison n'abolit pas complètement l'excitabilité des filaments des nerfs moteurs. La contre-épreuve consisterait

à montrer qu'il y a des poisons qui tuent les dernières terminaisons nerveuses dans l'intérieur des muscles, sans affecter les muscles eux-mêmes, des poissons qui aient réellement l'effet que Cl. Bernard attribuait au curare; or, le cyanure et le sulfo-cyanure de potassium, par exemple, ainsi que l'acide prussique lui-même, ont précisément cette influence; aussi, les muscles d'animaux empoisonnés par ces substances sont-ils, à un moment donné, tout à fait inexcitables à l'électricité; ils réagissent alors aux stimulus mécanique ou chimique, exactement comme des muscles non empoisonnés. A peu près à la même époque que Schiff, Kühne arrivait par une voie tout à fait différente, et très ingénieuse, à une conclusion analogue relativement à l'immunité des terminaisons nerveuses contre l'action du curare. Les expériences de Kühne ont été récemment reprises et confirmées par M. Pollitzer, de New-York. (V. *Journal of Physiology*, v. VII, n. 3, juin 1866.)

Quelle que soit l'importance de l'irritabilité propre du tissu musculaire pour la physiologie générale, théorique, de ce tissu ainsi que du tissu nerveux, elle n'en a aucune au point de vue fonctionnel; si tous les mouvements qui s'accomplissent au sein de l'organisme vivant ne sont pas *réflexes*, ils sont tous *névromusculaires*; dans les conditions physiologiques, les muscles, en tant qu'organes utiles du mouvement, n'entrent jamais en action sous une influence autre que l'influence nerveuse; et, comme fonction normale du muscle vivant, la contraction *idiomusculaire* n'existe pas. Est-ce donc à un phénomène cadavérique que nous avons affaire? Non, mais habituellement les muscles vivants ne sont pas soumis aux irritations mécaniques ou chimiques; il suffit de les y soumettre pour produire de magnifiques contractions idiomusculaires; on met à nu le gastrocnémien d'un lapin ou d'un chat et on le frappe vivement avec le dos du scalpel ou on le frôle rudement avec la pointe émoussée d'un crayon, l'un et l'autre perpendiculairement à la direction des faisceaux musculaires; on voit à l'instant une contraction rapide, occupant toute la longueur des fibres, se produire et disparaître en un clin d'œil; c'est la contraction névromusculaire, due à l'irritation mécanique des fibres nerveuses renfermées dans le muscle; en même temps, on voit surgir un gros bourrelet le long de la ligne frappée ou frôlée; ce bourrelet est dur au toucher et l'on sent que la partie durcie s'étend dans la profondeur; c'est la contraction idiomusculaire, qui gagne

les faisceaux, lentement, dans la région irritée directement, reste localisée à cette région, et s'y maintient quelque temps, pour se dissiper enfin peu à peu. Le phénomène est seulement plus apparent sur des muscles dont les terminaisons nerveuses ne sont plus excitables, parce qu'alors l'observation n'est pas dérangée par la secousse névromusculaire ¹.

Revenons à présent à la contraction fonctionnelle du muscle cardiaque, à la systole : elle a manifestement tous les caractères d'une contraction *névromusculaire* : la rapidité de son apparition et de sa disparition, la possibilité de la produire par une seule irritation électrique instantanée (secousse d'ouverture d'induction), le fait que, pendant la première partie de la diastole, les secousses électriques ne la produisent pas, tandis qu'à ce moment le muscle cardiaque donne très bien la classique contraction idiomusculaire, tout, en un mot, le démontre ; et l'on en a un contrôle élégant dans la manière de se comporter du cœur vis-à-vis des poisons cités plus haut, et d'autres encore : chez une grenouille empoisonnée par l'acide cyanhydrique, dès que la paralysie se manifeste, *le cœur s'arrête en diastole*, et l'animal est irrévocablement perdu ; c'est que les terminaisons nerveuses intracardiaques sont paralysées, le myocarde est un muscle « énérvé », qui ne peut plus donner que des contractions idiomusculaires, et qui les donne en effet si on l'irrite d'une façon adaptée ; au contraire, chez une grenouille déjà complètement paralysée par le curare, *le cœur continue à battre*, si bien que si la dose n'a pas été excessive, l'animal peut se rétablir, au bout d'un temps plus ou moins long ; les systoles sont possibles et se produisent dans ce cas, parce que les terminaisons nerveuses intracardiaques ne sont pas tuées par le curare. Il faut des doses énormes pour les tuer.

Or, si la systole est une contraction névromusculaire, c'est dans une particularité fonctionnelle des *nerfs cardiaques*, et non du muscle, qu'il faut chercher la cause et l'explication de l'activité rythmique du cœur.

II

Comme les mouvements du cœur continuent après la section de tous les nerfs qu'il reçoit, ces mouvements ne sont évidemment pas produits par de périodiques impulsions venant des

¹ Voyez l'*appendice*, à la fin de ce travail.

centres cérébrospinaux, mais par un irritant qui agit à la périphérie sur les terminaisons des nerfs moteurs du myocarde; pour la même raison, les diastoles doivent, elles aussi, avoir une cause périphérique; cela n'empêche pas l'axe cérébrospinal d'exercer une influence sur la fréquence des battements du cœur, grâce à un mécanisme réflexe dont les voies centripètes sont constituées par tous les nerfs afférents des centres cérébrospinaux et les voies centrifuges par des fibres appartenant au système du pneumogastrique, auquel appartiennent aussi les filets que d'aucuns attribuent au grand sympathique. L'irritation de ces nerfs produit, en effet, un résultat analogue à celui des influences centrales; elle accélère ou elle ralentit les battements du cœur; elle les accélère, dit-on, si elle porte sur les filets sympathiques, elle les ralentit si elle porte sur le pneumogastrique; l'irritation suffisamment forte de ce dernier nerf les suspend même tout à fait, elle arrête le cœur en diastole; comme, d'autre part, la section de ce nerf accélère très fréquemment les pulsations, les choses semblaient s'expliquer d'une manière très simple et très plausible: le pneumogastrique fut considéré comme le nerf *modérateur* du cœur, nerf exerçant une continuelle influence régulatrice sur les pulsations, de telle sorte que son inaction leur permettrait de s'accélérer, et que son activité les ralentirait et les suspendrait, tandis que le sympathique fut considéré comme le nerf *moteur* du cœur, surtout depuis les observations de Bezold et de Cyon.

Or, de nombreuses observations subséquentes sont venues montrer que cette idée est erronée. D'abord l'irritation du pneumogastrique ne ralentit pas toujours les battements du cœur; il arrive souvent qu'elle les accélère; il faut pour cela qu'elle soit très faible; entre une irritation tellement faible qu'elle ne produit aucun effet, et une irritation suffisamment forte pour produire le ralentissement, on réussit souvent à trouver, en tâtonnant, l'intensité voulue pour avoir une accélération. Ainsi, l'influence inhibitrice n'est mise en jeu que par les irritations *relativement fortes* du pneumogastrique, tandis que les *faibles* mettent en jeu une influence contraire. D'autre part la classique accélération, que devrait toujours produire la section du pneumogastrique, est loin d'être la règle, elle est au contraire l'exception et manque chez la plupart des animaux domestiques ainsi que chez les grenouilles; c'est une particularité du chien, chez lequel elle dépend en grande partie d'influences indirectes mises en jeu par la section des pneumogastriques.

En outre chez les grenouilles, pendant une bonne partie de l'année (tout l'été), le pneumogastrique perd complètement son influence modératrice sur le cœur; aucune irritation du pneumogastrique ne donne alors le ralentissement du pouls, on obtient au contraire régulièrement l'accélération¹. Cet état particulier du pneumogastrique, spontané chez les grenouilles en été, peut être produit à tout moment chez les mammifères en leur donnant une légère dose d'atropine; toute irritation du pneumogastrique donne alors une accélération, quelquefois considérable; quant à l'arrêt, on ne peut plus le produire.

Enfin, si on coupe les pneumogastriques à un animal dont le pouls est accéléré pour cause d'irritation centrale (hyperthermie artificielle ou fébrile), on obtient non pas une nouvelle accélération, mais un *ralentissement* du pouls.

Il résulte de tous ces faits que le tronc cervical du pneumogastrique ne répond en aucune façon à l'ancienne définition d'un nerf modérateur; cela n'est pas encore à dire qu'il faille renoncer à l'idée d'un tel nerf; il se pourrait, en effet, qu'il fût ce qu'on l'a cru, sans toutefois exercer d'action modératrice *continue, tonique*, sur les battements du cœur; cela expliquerait l'absence de l'accélération lors de sa section, à moins qu'elle ne soit produite par des circonstances accessoires; mais il serait plus difficile d'expliquer comment il se fait que l'irritation de ce nerf inhibiteur ne ralentit pas toujours et même accélère quelquefois. On pourrait cependant se figurer que le pneumogastrique étant un nerf mixte et contenant les fibres des X^e et XI^e paires, les unes fussent accélératrices, les autres inhibitrices; ces dernières moins excitables, puisqu'il leur faut une irritation plus forte, l'emporteraient sur les premières dès que l'irritation serait suffisante pour les mettre en activité: elles supprimeraient ainsi l'effet de l'irritation simultanée des accélératrices. Mais les fibres de ces deux paires ont-elles respectivement ces propriétés? Nullement:

La section des fibres propres de la X^e paire n'a aucune influence directe sur le cœur; elle peut en accélérer les battements par les modifications qu'elle produit dans les mouvements de la respiration, dans la pression sanguine, etc.; elle ne le fait pas toujours.

¹ Ce phénomène n'est cependant pas tout à fait général; il dépend de conditions climatologiques ou météorologiques particulières, non encore déterminées; il y a des endroits où il manque, et d'autres où il se manifeste régulièrement, à Genève, par exemple.

L'irritation du bout périphérique des fibres propres de la X^e paire, après la dégénérescence de la XI^e paire, n'a aucun effet sur les pulsations. Il paraît donc que la X^e paire n'a tout simplement rien à faire avec l'innervation du cœur et que le seul nerf cardiaque est celui qui forme la XI^e paire — le *spinal*. Il s'ensuit que c'est l'irritation forte des fibres propres du spinal qui ralentit et arrête le cœur, et l'irritation faible de ces mêmes fibres qui en accélère les battements, mais que la section isolée (l'extraction) du spinal ne produit point d'accélération du pouls, à moins qu'il n'ait été ralenti pour cause centrale, et produit au contraire un ralentissement quand il était accéléré pour cause centrale.

Ces faits, en excluant la X^e paire de toute participation directe aux mouvements du cœur, accumulent sur les fibres de la XI^e les propriétés contradictoires que nous espérions trouver réparties sur les fibres de ces deux paires. Nous savons un détail anatomique de plus, mais nous ne sommes pas plus avancés au point de vue physiologique : si le spinal est le seul nerf cardiaque et s'il est en même temps accélérateur et inhibiteur, comment expliquer cette influence si singulière, si exceptionnelle, qu'il exerce sur le rythme du cœur ?

III

M. Schiff a proposé, il y a longtemps déjà, plus de 30 ans¹, une théorie d'après laquelle il n'y aurait point de nerfs arrestateurs ; le vague serait un nerf moteur ; mais il se distinguerait des autres nerfs musculaires par la propriété *de se fatiguer et de s'épuiser* avec une facilité telle, qu'après avoir été une seule fois excité et avoir induit une seule systole, il serait complètement épuisé pendant un certain laps de temps ; pendant cet instant d'épuisement, ses terminaisons seraient incapables de réagir non-seulement à leur excitant physiologique (le sang contenu dans les cavités du cœur), mais même aux excitations électriques directes ; enfin elles ne redeviendraient excitables qu'au

¹ Les premiers travaux de Schiff sur les nerfs cardiaques datent de 1848 ; mais c'est en 1858 qu'il les a pour la première réunis en une doctrine complète de l'innervation du cœur. (*Physiologie*, etc., Lahr, 1858, p. 182 à 192.) Les derniers sont une série de mémoires publiés en 1877-78 dans les Archives des sciences physiques et naturelles de Genève, sous le titre : *Sur les nerfs dits arrestateurs*, et un mémoire intitulé : *Ueber direkte Reizung der Herzoberfläche*, publié dans les archives de Pfüger, en 1882.

bout d'un temps suffisamment long pour que la nutrition (par le sang circulant dans les coronaires) ait pu les restaurer.

Cette théorie expliquait d'une manière très satisfaisante le relâchement du muscle cardiaque après chaque contraction (c'est-à-dire l'alternance normale des systoles et des diastoles), ainsi que l'impossibilité de produire un *vrai tétanos* névromusculaire du myocarde en irritant les nerfs cardiaques avant ou après leur pénétration dans le muscle, — ainsi que l'effet opposé produit par les irritations fortes ou faibles appliquées au tronc du vague au cou : faibles, elles mettraient en jeu l'excitabilité des nerfs cardiaques un peu plus tôt que ne l'aurait fait à lui seul l'excitant normal, elles diminueraient ainsi l'intervalle qui sépare les systoles les unes des autres, c'est-à-dire elles accéléreraient les pulsations ; fortes, elles rabattraient constamment la restauration des nerfs épuisés et maintiendraient ainsi leur excitabilité à un niveau trop bas pour qu'ils réagissent à l'irritant normal ; il y aurait arrêt, ou pour le moins ralentissement.

Cependant cette théorie, corroborée par de nombreuses expériences, faites sur d'autres nerfs moteurs, maintenus artificiellement au « seuil » de l'épuisement, ne fut pas favorablement accueillie ; mais on ne formula contre elle que des objections théoriques ; il était difficile de trouver des *faits* qui fussent en opposition avec elle ; de tels faits existent pourtant, et c'est Schiff lui-même qui les a trouvés ; le plus important, c'est la suppression de la propriété inhibitrice du vague avec conservation de la propriété accélératrice ; nous avons vu que l'irritation du pneumogastrique produit l'*accélération* et non le ralentissement : 1° chez les grenouilles en été, 2° chez les animaux atropinisés ; nous pouvons ajouter qu'il en est souvent de même, 3° dans des conditions que nous ne pouvons pas analyser ici, *après la dégénérescence paralytique du vague coupé au cou*¹.

Cette abolition de l'une des propriétés du pneumogastrique avec conservation de l'autre, indique qu'il y a anguille sous

¹ Je voudrais bien pouvoir ajouter un 4° : indiquer un moyen de supprimer l'activité des fibres accélératrices tout en maintenant celle des fibres inhibitrices ; malheureusement, on ne connaît point de semblable moyen ; peut-être en trouvera-t-on un jour ; qui se serait douté de la singulière sélection à laquelle se livre l'atropine sur les différentes espèces de nerfs ? Pourquoi ne trouverait-on pas un jour un alcaloïde qui se contente de paralyser les filets accélérateurs du cœur, sans toucher aux filets inhibiteurs ?

roche, et qu'il faut être sur ses gardes. Le spinal serait-il un nerf mixte, composé de deux espèces de fibres, les unes seulement motrices (accélératrices), les autres seulement inhibitrices ? C'est la supposition que nous faisons plus haut relativement au pneumogastrique ; là elle était fausse ; serait-elle vraie ici ? Anatomiquement parlant, il n'y a rien de semblable ; le spinal n'a pas deux racines contenant chacune une de ces espèces de fibres ; on ne voit aucune différence de structure dans les fibres dont il se compose ; mais les faits que nous venons de rappeler démontrent que, *physiologiquement*, il en est bien ainsi, et les recherches subséquentes de Schiff n'ont fait que confirmer cette interprétation. Les deux espèces de fibres se distinguent par les caractères suivants :

1° Les accélératrices sont plus excitables que les inhibitrices : elles entrent en activité sous une irritation plus faible ;

2° Elles sont douées d'une plus grande inertie physiologique : lorsqu'on interrompt l'irritation, l'accélération ne cesse que fort lentement, tandis que l'arrêt cesse très rapidement ;

3° Les inhibitrices ont une influence prépondérante sur le rythme cardiaque : l'irritation simultanée des deux espèces de fibres produit le ralentissement ou l'arrêt ;

4° Elles succombent plus facilement à certaines influences toxiques, celle de l'atropine, par exemple.

L'existence de ces deux espèces de fibres paraît donc suffisamment démontrée. Ainsi, les contractions du cœur, produites à la périphérie, sont régies quant à leur rythme par deux ordres de nerfs cérébrospinaux, dont les uns précipitent ce rythme et les autres l'enrayent. Cela suffit-il pour nous expliquer tous les phénomènes névromusculaires cardiaques ? Devons-nous, en d'autres termes, rejeter et abandonner complètement la théorie de l'*épuisement*, comme étant faussse ou superflue ?

Non, car il y a des faits que la nouvelle théorie n'explique pas, à commencer par le fait fondamental du fonctionnement du cœur. Pourquoi chaque systole, au lieu de se prolonger, est-elle immédiatement interrompue par une diastole ? Ce n'est pas grâce à une intervention des inhibiteurs, puisque l'alternance dont il s'agit continue à se produire chez les animaux atropinisés, de même que chez les grenouilles en été, bien que les propriétés inhibitrices soient abolies. De plus, dans ces mêmes

conditions, l'irritation tétanisante des pneumogastriques au cou devrait régulièrement produire un vrai *tétanos* du muscle cardiaque, son arrêt en *systole*; néanmoins, il n'en est rien : le cœur s'accélère, mais on n'obtient point de tétanos.

En outre, une irritation semblable portée directement sur le ventricule, devrait, elle aussi, donner un tétanos, au moins *local*, du myocarde; elle ne donne rien de semblable; au contraire, la région irritée cesse de prendre part aux systoles de l'organe et se maintient en relâchement complet tant que dure l'irritation¹.

Il y a apparemment à la périphérie quelque chose qui ne permet pas de supprimer la diastole, qui s'oppose à la prolongation d'une contraction du myocarde et la force à disparaître immédiatement pour faire place au relâchement; mais ce « quelque chose » n'est pas l'entrée en jeu des fibres inhibitrices; car si la diastole spontanée était due à une périodique intervention de ces fibres, afin de mettre hors d'action les terminaisons motrices, elle serait, depuis le premier moment de son apparition jusqu'au dernier, un phénomène identique à l'arrêt prolongé du cœur, en relâchement complet, tel qu'on l'obtient par l'irritation suffisamment forte des pneumogastriques; or ces deux phénomènes ne sont rien moins qu'identiques, ils sont même essentiellement différents; en effet :

1° Pendant toute la durée de l'arrêt artificiel, on peut provoquer une contraction névromusculaire, une vraie systole, en excitant le cœur directement par une irritation instantanée, électrique ou mécanique; il n'en est pas ainsi pour la diastole spontanée; il y a au contraire, à son début, une phase particulière dont le commencement se confond avec l'acmé de la systole, et qui se dissipe peu à peu pendant le premier tiers de la durée totale de la diastole; pendant cette phase, une excitation électrique faradique du cœur ne produit point de contraction névromusculaire, ni aucune réaction quelconque, à moins qu'elle

¹ Ce fait n'a cependant peut-être pas toute la portée qu'il semble avoir, car il se peut qu'en irritant ainsi les terminaisons des nerfs moteurs, on irrite en même temps les terminaisons des nerfs inhibiteurs; il est vrai que le phénomène est le même lorsque les inhibiteurs ont été tués par l'atropine; mais il se peut que l'atropine épargne les dernières terminaisons inhibitrices, de même que le curare épargne les dernières terminaisons motrices.

ne soit d'une force excessive; les irritations mécaniques donnent, si elles sont assez fortes, des contractions idiomusculaires, lentes et locales¹.

2° Chez les grenouilles « salées », chez lesquelles le sang est en très grande partie remplacé par de l'eau salée (au 7 *pro mille*), le cœur continue à battre régulièrement, c'est-à-dire les diastoles continuent à succéder régulièrement aux systoles, mais les nerfs inhibiteurs ont perdu toute influence sur le cœur : plus d'arrêt, pas même de ralentissement par les irritations les plus fortes des pneumogastriques, et cela sans que les nerfs inhibiteurs soient tués par le sel au 7 ‰, car une dissolution beaucoup plus concentrée fait réapparaître l'effet inhibiteur. La diastole se produit donc indépendamment de l'inhibition.

Il résulte de tout cela que le mécanisme et les conditions qui produisent, d'une part, la diastole naturelle, et, d'autre part, la diastole artificielle (l'arrêt « actif » du cœur), ne sont pas les mêmes, et que, par conséquent, ces deux phénomènes ne peuvent pas être expliqués au moyen de la même théorie.

Je crois, en conclusion, que nous nous trouvons en face de deux ordres de faits bien distincts, qu'on a toujours confondus, tandis qu'il faut, au contraire, les tenir complètement séparés. Nous avons, d'une part, ce qui se passe à la périphérie, dans l'épaisseur du muscle cardiaque lui-même, et, d'autre part, les influences modificatrices de son rythme, qui lui viennent du cerveau; l'existence et la manière d'agir des deux espèces de fibres appartenant à la XI^e paire expliquent parfaitement toutes les influences *réflexes* qui accélèrent ou ralentissent les battements du cœur, ou les suspendent même tout à fait, mais n'expliquent point les faits qui se produisent *localement*, à la périphérie : la succession continuelle des diastoles et des systoles; ces faits ne peuvent être expliqués que par la théorie du périodique épuisement des filaments terminaux des nerfs moteurs du cœur,

¹ Le phénomène de la *phase réfractaire* est décrit dans l'ouvrage de M. Schiff, publié en 1858; chez les grenouilles, elle occupe environ le premier tiers de la diastole, lorsque le pouls est très lent spontanément ou ralenti artificiellement, par la vératrine, par exemple. Si M. Marey lui attribue une durée plus courte, c'est qu'il emploie des irritations relativement fortes; *très fortes*, elles peuvent forcer à tout moment la production d'une systole supplémentaire, car l'épuisement des nerfs moteurs intracardiaques n'est, en général, pas absolu; tout ce qu'il faut, c'est qu'il soit suffisant pour interrompre la systole.

théorie qui est à son tour impuissante à expliquer les modifications réflexes du rythme cardiaque, et notamment l'arrêt « actif » du cœur.

IV

Comment pouvons-nous nous représenter le mécanisme de l'action paralysante des nerfs arrestateurs sur les terminaisons intramusculaires du myocarde ?

Un des trois facteurs d'un mouvement névromusculaire (muscle excitable, nerfs excitables et irritation suffisante) doit manquer pour que le mouvement ne se fasse pas. Lequel est-ce qui manque dans l'arrêt « actif » du cœur ? Le muscle est excitable, car une irritation mécanique produit d'abord une contraction névromusculaire, et puis une contraction idiomusculaire ; les terminaisons des nerfs moteurs sont excitables elles aussi ; en effet, une irritation électrique, momentanée, donne un mouvement névromusculaire (une vraie systole, si elle est assez étendue) ; l'irritant normal, habituel, le sang contenu dans le cœur, ne manque assurément pas ; si néanmoins il ne provoque pas le mouvement, c'est qu'il a cessé d'être *suffisant* ; un autre irritant l'est peut-être dans ces conditions : nous venons de voir qu'en effet l'eau salée au 7 ‰ agit sur les nerfs alors que l'irritation du pneumogastrique empêche le sang d'agir sur eux, et que, dans ces mêmes conditions, une irritation électrique ou mécanique du cœur produit une systole.

Il paraît donc que les nerfs inhibiteurs rendent les terminaisons motrices *inexcitables à certains irritants*, sans les priver de toute excitabilité.

Lorsqu'un nerf est soumis à deux irritations simultanées, il arrive que ces deux irritations, au lieu de se cumuler, *s'annulent* réciproquement, ou, pour le moins, que *l'une d'entre elles abolit l'effet de l'autre* ; celle qui peut ainsi rendre l'autre inefficace est appelée par M. Schiff *irritation négative*.

On prend un gastrocnémien de grenouille avec son nerf et l'on attend qu'un courant galvanique ascendant appliqué au nerf ne donne plus de contraction à la fermeture, mais à l'ouverture seulement. Il est généralement admis qu'alors, au moment de la fermeture, le nerf n'agit point sur le muscle. En est-il réellement ainsi ?

Si les deux pôles sont placés sur le muscle, la contraction de fermeture a lieu ; mais si le pôle positif repose sur le muscle, et

le pôle négatif sur le nerf, la contraction de fermeture ne se fait plus. Pourquoi ? Ce n'est pas la diminution de l'intensité du courant due à la résistance du trajet de nerf intercalé, car si on lie le nerf tout près du muscle, ou si on intercale un fil mouillé qui mette en communication le pôle négatif avec le nerf à son entrée dans le muscle, ou, mieux encore, si on attend que le nerf soit mort dans toute sa longueur, jusqu'au muscle, la contraction de fermeture réapparaît. C'est donc l'introduction, dans le courant ascendant, d'un trajet de nerf *vivant* qui empêche cette contraction, et il s'agit, par conséquent, d'une propriété spéciale du nerf.

La fermeture d'un courant de pile n'est pas le seul irritant capable de produire une « irritation négative » ; le courant induit agit de même : on prépare le plexus lombaire, le sciatique et le gastrocnémien d'une grenouille, et l'on fait passer par le plexus lombaire un courant induit relativement fort ; il se produit un violent tétanos, qui peu à peu devient incomplet, tremblottant et finit par cesser tout à fait ; le nerf paraît avoir perdu toute influence sur le muscle ; est-il complètement épuisé ? Non, car s'il l'était, il lui faudrait, pour se remettre, un temps assez long, de telle sorte qu'après avoir interrompu le courant tétanisant on ne pourrait pas, en le rétablissant immédiatement, obtenir un nouveau tétanos ; or, il suffit d'une interruption *momentanée* de l'irritation pour obtenir une contraction tétanique au moment de sa reprise ; mais cette contraction fait aussitôt place au relâchement.

Une autre expérience expliquera celle-ci. Outre les électrodes de la bobine d'induction, on place sur le nerf, plus périphériquement, les deux pôles d'une pile très faible, munie d'un interrupteur automatique, produisant une fermeture momentanée à intervalles réguliers. Lorsqu'on en est à la phase indiquée dans l'expérience précédente, on constate que toutes les fois que le courant faradique est interrompu, chaque fermeture du courant de pile donne régulièrement une contraction ; mais dès que le courant faradique est de nouveau mis en jeu, le courant de pile ne produit plus aucune contraction. Dans ce cas, c'est donc l'irritation faradique du plexus lombaire qui joue le rôle d'irritation négative vis-à-vis de l'irritation galvanique du tronc sciatique ; celui-ci n'est donc pas *inactif* pendant la durée de l'irritation tétanisante appliquée au plexus, mais il joue vis-à-vis du gastrocnémien le rôle que le pneumogastrique fortement

irrité joue vis-à-vis du cœur : *le sciatique placé dans ces conditions devient un nerf inhibiteur.*

Cette ancienne expérience de Schiff démontre donc *réellement* ce que les expériences plus récentes de Wedenski et de Bowditch *semblent* démontrer, c'est-à-dire que, dans certaines conditions, l'effet musculaire de l'irritation prolongée d'un tronc nerveux peut disparaître pour une cause qui n'est pas la fatigue excessive, l'épuisement des fibres motrices ; mais cette cause c'est *l'entrée en jeu de phénomènes inhibitoires*, et non l'épuisement du *muscle* comme le pensent ces auteurs, attendu que leur méthode les conduit à admettre que les troncs nerveux sont infatigables et inépuisables ; or la méthode de ces deux savants me paraît être illusoire : Le bout central du sciatique est irrité par les secousses d'induction d'un appareil de DuBois-Reymond ; il s'agit d'intercepter la transmission de l'activité nerveuse dans le voisinage du muscle, afin que celui-ci reste au repos et d'enlever de temps à autre, ou au bout d'un certain temps l'obstacle introduit, pour voir si le nerf agit encore ; s'il est épuisé, il n'y aura pas de mouvement dans le muscle ; s'il agit encore, le muscle entrera en tétanos.

Pour introduire l'obstacle en question, les deux expérimentateurs ont recours à deux méthodes complètement différentes en apparence, peut-être très semblables au fond : Wedenski se sert d'un courant de pile, appliqué au nerf tout près du muscle ; Bowditch emploie l'empoisonnement par le curare. L'un et l'autre croient que pendant toute la durée du passage du courant constant ou de l'influence du curare, le nerf, toujours excité, est toujours actif ; mais cela est-il bien certain ? Ne se pourrait-il pas, au contraire, que les courants de pile très forts et l'intoxication curarique très profonde et très prolongée que ces expériences nécessitent, fussent un obstacle non seulement à la *transmission* de l'activité nerveuse dans un trajet périphérique du nerf, mais à la *production même* de cette activité dans toute la longueur des fibres ? En vue de l'influence électrotonique des courants de pile, toujours déprimante lorsqu'ils sont très forts, et de la résistance croissante à la transmission que le curare introduit peu à peu dans les nerfs, il est non seulement permis de supposer, mais très probable que, dans les deux expériences en question, le nerf, loin d'être actif tout le temps, ne le devient réellement que lorsque le courant de pile est interrompu ou lorsque le curare est déjà presque entièrement éliminé ; de sorte qu'au fond, les deux expériences sont illusoires.

Il me semble que pour arriver à une conclusion moins incertaine, et décider enfin la question de savoir si les fibres motrices se fatiguent, oui ou non, par une activité suffisamment forte ou suffisamment prolongée, il faut éviter l'emploi du curare et surtout de l'irritation et de la polarisation électriques prolongées, l'une et l'autre introduisant des phénomènes étrangers à la question et qui la compliquent singulièrement, et recourir à un moyen qui produise rapidement une suractivité violente des nerfs moteurs, sans agir directement sur eux; ce moyen c'est la strychnine, dont l'action excitante sur les *centres* nerveux se manifeste par des accès de tétanos avec des doses bien plus petites et au bout d'un temps bien plus court que son action déprimante sur les *trones* nerveux. Voici comment j'ai opéré :

Sur des animaux éthérisés (chiens, chats et lapins), j'ai mis à nu les deux nerfs sciatiques et en ai sectionné un; une incision de la peau au niveau du gastrocnémien, permet d'exciter ce muscle directement avec les électrodes d'un appareil de DuBois, et de déterminer le *minimum* de l'irritation nécessaire pour produire de petites secousses dans les faisceaux irrités; puis j'empoisonne l'animal avec de la strychnine, de façon à produire un tétanos suffisamment violent pour que l'animal succombe dès le premier ou le deuxième accès; le nerf coupé ne prend pas part à la violente activité des autres nerfs, et les muscles de l'extrémité correspondante ne prennent pas part au tétanos. Maintenant il s'agit de savoir si la suractivité ainsi produite a fatigué le sciatique non coupé; on excite les deux nerfs de la même manière avec l'appareil de DuBois; le nerf coupé réagit immédiatement, le nerf non coupé ne réagit point ou à peine; quelque chose est fatigué ou épuisé; est-ce le tronc nerveux, ou l'appareil périphérique? On porte les électrodes alternativement sur les deux gastrocnémiens, et on voit *qu'ils réagissent tous les deux*, à peu près de la même manière, *au même minimum d'irritation, auquel ils réagissaient avant le tétanos*; généralement, cependant, les secousses fasciculaires du muscle qui a travaillé sont un peu plus tardives, un peu moins rapides et un peu plus longues à se relâcher que celles du muscle qui a été maintenu au repos par la section de son nerf; il *doit* en être ainsi, car autrement on serait conduit au paradoxe opposé à celui de Wedenski et Bowditch, à soutenir que *l'appareil périphérique* est infatigable et inépuisable; la différence entre les deux appareils périphériques augmente d'autant plus rapide-

ment que le tétanos a été plus intense et plus prolongé, et les muscles deviennent bientôt, quelquefois immédiatement rigides, sauf, naturellement, ceux qui correspondent au nerf coupé.

Ainsi, fort peu de temps après la mort de l'animal, qui succombe à l'asphyxie causée par le tétanos, le nerf qui a travaillé est inexcitable, et *c'est lui qui refuse*, et non son appareil périphérique, puisque celui-ci répond encore au minimum d'irritation auquel il répondait avant le travail, — un peu plus faiblement, il est vrai, que son homonyme, mais cela n'a pas grande importance : il n'est pas épuisé, tandis que son nerf l'est.

Je ne pense pas, pour la raison déjà indiquée, que dans ces expériences il s'agisse de l'action *chimique* directe de la strychnine sur le nerf non coupé; sans parler du fait que le nerf coupé est exposé à cette action à peu près autant que l'autre, plus même probablement, à cause de la dilatation vasculaire posée par la section, on peut varier l'expérience de deux manières qui montrent bien que c'est uniquement de l'*activité* fournie que dépend l'inexcitabilité du nerf : en premier lieu, on peut, en passant un fil sous le sciatique, lier en masse les deux extrémités postérieures, et en exclure ainsi la strychnine; en second lieu, on peut se passer entièrement de celle-ci, et se contenter de tuer l'animal par asphyxie ou par section de la moelle allongée : les quelques mouvements convulsifs que le nerf intact transmet suffisent pour produire (plus lentement, mais très nettement) la même différence entre les deux nerfs que dans l'expérience avec tétanos strychnique; celui-ci ne fait qu'exagérer la différence et rend ainsi le résultat plus frappant; on constate avec la plus grande facilité que la différence en question n'est pas due à l'augmentation d'excitabilité du nerf coupé (celle-ci est inconstante, insignifiante et passagère), mais à une rapide diminution d'excitabilité du nerf ayant travaillé.

Ainsi, le nerf n'est pas un *perpetuum mobile* physiologique, il ne constitue pas une inconcevable exception à la loi biologique la plus générale, d'après laquelle tous les tissus vivants se décomposent d'autant plus qu'ils sont plus actifs : lui aussi *il se fatigue en travaillant*, et s'épuise par un travail excessif, *plus vite que son appareil périphérique*. Je dis à dessein « appareil périphérique » et non *muscle*, car les contractions qu'on obtient dans ces cas par l'irritation électrique directe sont de vraies contractions névromusculaires, preuve certaine que non-seulement le muscle, mais les éléments terminaux des nerfs moteurs

sont encore excitables, et que par conséquent *seul le tronc nerveux* est réellement épuisé.

Il nous reste à lever, si possible, la contradiction qui paraît subsister entre l'expérience de Schiff démontrant que dans la faradisation prolongée du plexus lombaire de grenouille le tétanos cesse non par épuisement des nerfs moteurs, mais par *inhibition*, et les expériences, que je viens d'indiquer, démontrant que, chez le lapin, le chien, le chat, les nerfs ayant transmis le tétanos strychnique sont *épuisés* et non inhibés.

Je me permets d'avancer une hypothèse, qui n'a assurément point d'expériences directes en sa faveur, car, si elle en avait, elle cesserait d'être une hypothèse, mais qui me semble reposer sur une distinction, importante et généralement négligée, entre l'irritation *artificielle* et l'irritation *naturelle* des nerfs.

Dans l'irritation artificielle, électrique, des troncs nerveux nous mettons forcément en activité *toutes* les fibres dont ils se composent, tandis que l'irritation physiologique, venant, par réflexe, des centres, de la substance grise, peut mettre en activité *séparément* les différentes espèces de fibres que les troncs contiennent. Dans le tétanos réflexe, strychnique, les fibres motrices sont apparemment *seules* actives, — et alors elles s'épuisent; dans le tétanos électrique, direct, *toutes* les fibres sont actives, et l'action des inhibitrices devient prédominante dès que les motrices commencent à se fatiguer et à faiblir; *elles sont alors inhibées avant d'être épuisées*; le sciatique est, à ce moment, absolument comparable au pneumogastrique.

Il faut cependant écarter encore une difficulté pour que cette hypothèse soit applicable aux expériences qui nous occupent: s'il y a dans le sciatique des fibres inhibitrices comme dans le pneumogastrique, elles agissent sans doute dans l'épaisseur du muscle, gastrocnémien, par exemple, sur les filaments terminaux de ses nerfs moteurs, tout à fait comme dans le muscle cardiaque. Or, si l'inhibition a lieu à la périphérie, et seulement à la périphérie, alors les fibres motrices du tronc irrité doivent continuer à agir jusqu'au point où l'influence inhibitrice les condamne au repos et doivent, par conséquent, s'épuiser quand même, dans leur trajet extramusculaire; mais l'expérience de Schiff montre qu'elles ne s'épuisent pas. En se basant sur les faits bien connus de la métallothérapie, ou de l'esthésiogénie en général, on peut admettre comme possible que la vibration inhibitoire se propage le long des fibres motrices en sens centri-

pète, et va ainsi les imbiber plus ou moins complètement dans toute l'étendue de leur parcours ; cette supposition devient même très probable en face des phénomènes de transfert, où il ne peut y avoir aucun doute relativement à la propagation, jusqu'aux centres, et au-delà des centres, d'effets tantôt moteurs et tantôt inhibiteurs, de vibrations agissant à travers les téguments sur les terminaisons périphériques des nerfs de la motilité et de la sensibilité.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, il paraît que l'action inhibitrice est beaucoup plus répandue dans le système nervo-musculaire qu'on ne le croit généralement. Chaque muscle reçoit, peut-être, outre ses fibres motrices, des fibres inhibitrices ; ces deux espèces de fibres ne cheminent pas toujours ensemble ; tel est souvent le cas des nerfs vasomoteurs : la glande sous-maxillaire et l'oreille, par exemple, reçoivent leurs vasoconstricteurs du sympathique cervical, tandis que les vasodilatateurs arrivent à la glande par la corde du tympan et à l'oreille par l'auriculaire postérieur¹. Dans le tronc du sciatique, les constricteurs et les dilatateurs vasculaires se trouvent réunis ; une irritation tétanisante de ce tronc produit d'abord la constriction des vaisseaux de la patte ; puis, lorsque les fibres constrictrices se fatiguent, elle produit la dilatation de ces vaisseaux ; l'action inhibitrice des vasodilatateurs prévaut alors sur l'action motrice des vasoconstricteurs ; l'innervation des muscles striés serait en tout semblable à celle des muscles lisses : l'irritation tétanisante du sciatique donne d'abord le tétanos ; puis, les fibres motrices se fatiguant par la violente activité qui leur est imposée, l'influence des fibres inhi-

¹ M. Schiff a découvert chez le lapin un rapport tout à fait semblable entre les terminaisons périphériques du facial et le rameau sous-orbitaire du trijumeau. Quatre à cinq jours après la section du facial, les longues soies, qui garnissent la lèvre supérieure de cet animal, se mettent à osciller et à trembler sans cesse, grâce à de petites contractions des fibres musculaires qui les meuvent ; or, ces oscillations cessent aussitôt, dès qu'on irrite mécaniquement, par la compression à travers les téguments, le rameau sous-orbitaire du trijumeau ; et il ne s'agit pas d'une action réflexe, mais d'une action directe, car si on coupe ce rameau, on constate aisément que ce n'est pas l'irritation de son bout central, mais celle de son bout périphérique qui produit l'effet inhibiteur. (Pour cette expérience et pour les faits extrêmement curieux, mais jusqu'à présent tout à fait isolés, observés par M. Schiff sur la corde du tympan après la section de l'hypoglosse, voir le dernier de ses mémoires « sur les nerfs dits arrestateurs », cités plus haut.)

bitrices prévaut à un moment donné ; le tétanos cesse alors, non par épuisement, mais par inhibition. Le spinal se distinguerait des autres nerfs musculaires par le fait que ses fibres motrices (accélératrices du cœur) se trouveraient spontanément et en permanence dans un état semblable à celui que la tétanisation prolongée produit dans les fibres motrices des autres nerfs ; cette circonstance expliquerait tout naturellement comment il se fait que toute irritation du pneumogastrique, à moins qu'elle ne soit extrêmement faible, se traduit d'emblée par la prépondérance de l'action inhibitrice.

Quant à savoir où et comment les fibres inhibitrices exercent leur influence paralysante sur les fibres motrices, c'est une question qui dépasse évidemment nos moyens d'investigation actuels ; cependant tout le monde admettra, je pense, que les fibres inhibitrices s'abouchent avec les fibres motrices en un point sans nul doute très rapproché de celui où ces dernières se mettent en communication avec la substance contractile du tissu musculaire ; et l'on ira peut-être même jusqu'à admettre que le mécanisme intime de l'inhibition consiste en une forme particulière de vibrations que les nerfs inhibiteurs produisent dans les nerfs moteurs, et dont la présence empêche ceux-ci de vibrer de la façon dont ils doivent vibrer afin de produire dans le tissu musculaire les modifications qui aboutissent au raccourcissement de la substance contractile. Nous sommes ici à la limite du connaissable, et ce n'est qu'une mécanique atomique plus avancée qui peut donner, dans l'avenir, la solution définitive de ces énigmes.

Quelle que soit d'ailleurs cette solution, elle ne modifiera guère les conclusions auxquelles notre étude nous conduit relativement à la nature des mouvements fonctionnels du cœur ; ces conclusions peuvent être formulées ainsi :

1° Les systoles cardiaques ne sont ni des mouvements réflexes, ni des contractions idiomusculaires ; ce sont des contractions *névromusculaires*.

2° La succession fonctionnelle des systoles et des diastoles est produite à la périphérie et s'explique par les hausses et baisses (jusqu'à épuisement momentané) de l'excitabilité des terminaisons nerveuses motrices.

3° Les modifications réflexes du rythme cardiaque sont dues à la mise en jeu, par les centres cérébrospinaux, des fibres motrices ou des fibres inhibitrices de la XI^e paire.

APPENDICE

Si nous voulions représenter graphiquement la marche de ces deux phénomènes, nous aurions à marquer sur une ligne de repos horizontale, immédiatement après le moment où le muscle reçoit le choc, une courbe à ascension rapide, à sommet pointu et à descente également rapide, qui correspondrait à la secousse névromusculaire; puis, un peu avant ou un peu après le retour de cette courbe, nous aurions à en tracer une seconde à ascension très lente, à sommet non-seulement très large, mais offrant un plateau parallèle à la ligne de repos, plus ou moins long, et à descente également fort lente; cette seconde courbe correspondrait à la contraction idiomusculaire. Un tel myogramme offrirait évidemment la plus grande ressemblance avec celui qui représente les phénomènes de l'onde secondaire, du plateau de *contracture*, interrompant quelquefois le retour de la courbe myographique, ou de la *contracture prolongée* qui se montre dès le sommet de la courbe après une série d'irritations appliquées coup sur coup, et qui quelquefois ne se relâche plus, indiquant ainsi que le muscle a passé insensiblement à la rigidité cadavérique; tous phénomènes si bien étudiés et décrits par M. Charles Richet¹; ils exigent pour être bien observés que le muscle soit *très frais* et *très excitable*; puis ils disparaissent, pour réapparaître de nouveau, lorsque le muscle est *fatigué*. Je pense qu'il y a ici non-seulement ressemblance, mais identité. Mais M. Richet a observé ces phénomènes sur des muscles d'écrevisse et en les irritant par des secousses d'induction, isolées ou par groupes. Le tissu musculaire serait-il donc tout de même excitable par l'électricité? Nullement; mais il paraît que les muscles d'écrevisse sont beaucoup plus sensibles que ceux des vertébrés à l'irritation *chimique*; d'ailleurs, quelque chose de semblable a été vu dans les muscles de grenouille, sous forme d'un *résidu* de contraction, après un relâchement apparemment complet; or, l'irritation chimique est fournie indirectement par les secousses d'induction; elles produisent une ou plusieurs contractions névromusculaires, ou même un tétanos de courte durée; ces contractions et ce tétanos sont nécessairement accompagnés de désorganisation de la substance musculaire; les produits de décomposition qui se forment au sein du muscle, l'irritent chimiquement et y provoquent une contraction *idiomusculaire*, généralement faible et courte, quelquefois forte et prolongée, au point de ne plus s'interrompre et de se confondre avec la rigidité cadavérique. En effet, les produits de désintégration

¹ Voir, par exemple, les tracés 25, 26 et 27, pages 76, 77 et 82, de sa *Physiologie des muscles et des nerfs*, 1882.

du tissu musculaire, actif ou privé de la circulation, sont de puissants irritants de ce tissu, surtout l'acide sarcolactique. Si on prend un muscle rigide, ou seulement très fatigué, si on le comprime fortement, de façon à en faire suindre un peu de liquide, et si on humecte avec ce liquide la surface d'un muscle frais et même vivant, on met ce dernier, ou du moins ses couches superficielles, immédiatement en contraction, mais seulement dans la région irritée, et cette contraction ne se relâche plus : elle se confond avec la rigidité cadavérique. Je crois qu'une contraction idiomusculaire, plus ou moins énergique, se produit très souvent même dans les muscles normalement irrigués et drainés par le courant sanguin, à la suite de mouvements suffisamment violents et suffisamment prolongés, afin que la circulation ne puisse pas extraire des muscles tous les produits de décomposition qui sont en train de s'y former; on peut observer ce phénomène sur soi-même, et cela en l'absence de tout appareil, graphique ou autre: On choisit un exercice auquel on n'est pas habitué (car l'habitude rend les muscles très résistants) et qui exige que les mêmes muscles exécutent un grand nombre de fois les mêmes contractions; on fait, par exemple, de l'escrime, ou l'on rame; bientôt les mouvements se ralentissent et deviennent de plus en plus difficiles; le bras résiste à la flexion et à l'extension, il se *raidit*, en un mot; si alors on interrompt l'exercice, on constate aisément que tous les muscles du bras sont *assez fortement contractés*, comme s'ils étaient volontairement tendus; la volonté peut à ce moment les tendre davantage, mais elle ne peut pas les relâcher, et leur raideur ne se dissipe que peu à peu, sans doute au fur et à mesure que la circulation du sang les débarrasse des produits de décomposition qui s'y sont accumulés.

Or, qu'arriverait-il si la circulation venait à être suspendue alors que cette *raideur de fatigue* est fortement prononcée? Il s'ensuivrait que cette raideur deviendrait tout simplement de la *rigidité cadavérique*. N'est-ce pas là, en effet, ce qu'on observe souvent chez les animaux sauvages traqués par une meute et que l'on abat enfin, ainsi que quelquefois dans l'empoisonnement par la strychnine, ou, plus généralement, dans certains cas de mort rapide d'individus robustes succombant à de violentes convulsions? Et je ne vois vraiment aucune raison pour distinguer entre ces deux phénomènes: la raideur ou contracture de fatigue et la rigidité cadavérique; la rigidité cadavérique est une exagération de la raideur de fatigue; toutes deux elles sont une contraction idiomusculaire due à une irritation chimique qui, à son tour, est due à l'accumulation de produits de décomposition, résultant de l'insuffisance relative ou de l'arrêt complet de la circulation; dans ce dernier cas, la rigidité doit nécessairement être beaucoup plus intense et envahir tous les

muscles du corps, grâce à l'ubiquité de l'irritant et à l'absence totale de drainage ¹.

Ainsi, après plus de vingt-cinq ans, nous pouvons conclure, comme M. Schiff concluait alors, que *la rigidité cadavérique n'est pas le premier signe de la mort du tissu musculaire, mais le dernier signe de sa vie*, et c'est la disparition de la rigidité qui indique l'extinction complète de l'irritabilité musculaire; en effet, le muscle ne réagit plus alors à aucune irritation. Longtemps avant Schiff, Nysten avait énoncé la même idée, mais d'une manière très vague et sans aucune preuve à l'appui : la rigidité, avait-il dit, est un dernier effort des muscles contre la mort. Mais quelle pouvait être la cause de leur contraction ? Il n'en dit rien ; aussi son idée fut-elle abandonnée de tous, comme étant par trop vitalistique. L'analogie de la rigidité cadavérique avec la contraction du muscle vivant n'a échappé, du reste, à personne ; mais on a assimilé la contraction à la rigidité, et celle-ci étant considérée comme une coagulation de la substance musculaire, la contraction a également été considérée comme une coagulation ; d'après les idées de Schiff, c'est au contraire la rigidité qu'il faut assimiler à la contraction du muscle vivant, et ses recherches nous montrent la *cause* de cette contraction.

Tout récemment, M. Brown-Sequard a été conduit, par de nouvelles expériences, à la même conclusion ; il se fonde surtout sur le fait que des mouvements *passifs* prolongés, imprimés aux membres rigides, résolvent la raideur de ces membres, qui recommence quelque temps après la cessation de ces mouvements ; on peut, il me semble, expliquer aisément l'influence des mouvements passifs, en supposant qu'ils forcent les produits de décomposition accumulés dans les muscles, à circuler, à abandonner les muscles, et délivrent ainsi ces derniers, mécaniquement, de l'irritant qui les maintenait en contraction ; les expériences de M. Brown-Sequard seraient, s'il en est ainsi, en parfait accord avec la théorie de M. Schiff, tandis qu'elles sont, *en tout cas*, inconciliables avec la théorie de la coagulation ; d'ailleurs, cette théorie se heurte à de nombreuses difficultés, que ses partisans eux-mêmes ne méconnaissent point et qu'elle aurait de la peine à surmonter, même en l'absence des observations de M. Brown-Sequard, qui semblent destinées à lui porter le coup de grâce. Cependant, comme certains changements, que l'on attribue à la coagulation du contenu des fibres musculaires, ont été bien réellement

¹ C'est ce qui arrive en effet dans l'empoisonnement avec la strychnine ; et si on a d'abord sectionné un nerf sciatique, l'extrémité paralysée ne prend pas part aux convulsions et reste longtemps flasque et irritable, alors que tous les autres muscles, fatigués par les convulsions, sont déjà complètement rigides.

constatés dans une phase avancée de la rigidité cadavérique, il se pourrait que nous confondions sous cette dénomination *deux phénomènes, passant imperceptiblement l'un dans l'autre* : le premier, un phénomène vital, une contraction idiomusculaire, qui représenterait la première phase de la rigidité ; le second, qui en serait la dernière phase, un phénomène cadavérique, la coagulation de la myosine. Peut-être que de cette manière les deux théories pourraient subsister l'une à côté de l'autre ; les opinions les plus différentes renferment souvent une partie de la vérité et ne diffèrent que parce qu'elles sont des vérités partielles ¹.

¹ M. Hermann lui-même, si j'ai bien compris un passage de la page 149, I, 1, de son grand traité, ne serait pas très éloigné d'admettre une semblable conciliation ; il dit, en effet, qu'il ne viendra à l'idée de personne d'*identifier* la simple rétraction du coagulum qui se forme dans une solution de fibrine ou de myosine, avec la contraction d'une *structure organisée*, s'effectuant selon une *direction déterminée*, telle que nous l'observons dans la rigidité cadavérique. Il suffirait de dire « structure organisée et irritable » pour parfaire l'accord. Or, les muscles sont quelquefois si bien irritables, alors que la rigidité cadavérique est déjà très prononcée, surtout lorsqu'elle se manifeste très vite après l'arrêt de la circulation, qu'ils réagissent encore par des secousses *névromusculaires* à de légères irritations électriques. Peut-on admettre qu'à ce moment-là ils aient déjà subi une altération aussi profonde que la coagulation du contenu des fibrilles ?

NOTE

sur des températures excessives observées en janvier et février 1888,
à la Vallée du lac de Joux,

par L. GAUTHIER

Pendant la période de froid intense qui a régné sur le centre de l'Europe, spécialement au nord de la Suisse, pendant les derniers jours de janvier et les premiers jours de février, la température est descendue d'une façon exceptionnelle en certains points de la Vallée du lac de Joux.

Voici les faits tels que je les ai inscrits sur ma feuille d'observation, et les renseignements rassemblés après coup :

26 janvier : Matin, ciel serein ; quelques stratus venant du SW. indiquent l'approche du mauvais temps ; SW. sensible ; le givre s'est déposé sur les objets en bois en cristaux splendidement formés, de 1 mm. de longueur en moyenne — le 25, leur longueur était de 2 mm. et plus — à 10 $\frac{1}{2}$ h. WSW.₃, à 11 h. 45 min. SW.₄ ; ces coups de vent nous amènent la neige, qui tombe pendant le reste de la journée et dans la nuit.

Baromètre à 0° : 680.5 ; nébulosité de la journée, 5.5 ; pluv. 23 mm. ; neige, 10 cm.

La colonne d'alcool du thermomètre à minima étant discontinue, la température n'a pas été observée à la station avant le 3 février ; elle l'a été, en revanche, par diverses personnes de toute confiance, et dont j'ai vérifié les thermomètres.

27 janvier : Ciel couvert au matin ; la neige tourbillonne SW.₅ ; des cumulo-nimbus traversent la vallée de l'W. à l'E. ; après-midi, quelques éclaircies ; le soir, neige.

Bar., 678.6 ; néb. moy., 7.3.

28 janvier : Ciel couvert ; neige par averses traversant, comme les nuages, de l'W. à l'E. ; la neige cesse vers midi et recommence vers 4 h. ; le ciel devient peu à peu nuageux ; les nuages viennent très vite de l'WNW. J'ai pu, par une trouée, apercevoir la lumière rouge cuivreux de la lune au commencement de l'éclipse. A minuit, la vallée était complètement obscure.

Néb. moy., 9.3 ; pluv. pour le 27 et 28, 18 mm. ; 20 cm. de neige.

29 janvier : Ciel serein durant toute la journée ; beau soleil ; air vif ; soirée splendide ; la lune brille d'un vif éclat et les étoiles sont peu nombreuses ; la neige crie bien fort sous les pieds des passants pressés. Le froid, à 9 h. du soir, saisit tout le corps ; calme complet.

Néb. moy., 0.

30 janvier : Ciel serein ; journée très belle ; le givre est abondant et se dépose sur la figure, les cheveux, etc. ; de légers brouillards traînent sur le sol. Le froid saisit le corps entier ; la figure et les mains deviennent douloureuses. J'entends deux élèves de 13 ans qui ont une demi-heure de marche à faire pour venir au Collège se dire très sérieusement : « Ah ! la vie est dure, quand même. » — « Bah ! allons toujours, le temps passe. »

Au bas du Brassus, un thermomètre à mercure placé en dehors d'une fenêtre d'un rez-de-chaussée (2 m. au-dessus du sol), du côté nord, marque entre 7 et 8 h. a.-m., — $26\frac{1}{2}^{\circ}$ C.

Au Sentier, l'instrument de M. E. Baud, placé à 3 cm. en dehors de la fenêtre, au premier étage, du côté du levant, marquait à la même heure — 31° C.

Un thermomètre à alcool, construit par M. E. Gautschy, opticien, est encastré dans le mur de la maison de M. A. Meylan, mitoyenne de la précédente. Il était à — 29° à 8 h.

M. Alfred Golay est allé à 8 h. sur le pont de la route Le Sentier-Orient de l'Orbe appelé le Pont-Neuf. Son thermomètre, exposé à l'air pendant 20 minutes, a donné — 35° . L'observateur n'a pu rester plus longtemps en cet endroit.

Durant l'après-midi, un air léger de bise s'est levé. En allant au Sentier, entre 1 et 2 h., je ne pus m'empêcher d'admirer la vallée, tant était grande l'harmonie des couleurs et des lignes. Le froid n'était pas trop intense alors que le soleil couchant illuminait de ses reflets rouges les pentes du revers, car j'ai pu porter divers paquets sous le bras, la main étant dehors et nue.

Bar., 669.2 ; néb. moy., 0.

31 janvier : Ciel serein ; légère brume rasant le sol. En arrivant hors de la maison, le froid m'a produit l'effet d'un dévêtement instantané. La barbe, les cheveux, les épaules se couvrent d'aiguillettes de glace ; la figure semble recevoir un jet de lancettes ; la peau tire par places et brûle. Tous les élèves, arrivant au Collège après une course de 20 à 45 m., ressemblent à de petits vieillards. Au-dessus de chaque maison, de chaque cheminée,

de gros *tortillons* de fumée blanche sortent pressés et roulent sur le toit sans pouvoir s'élever, et ainsi durant toute la journée et quasi toute la nuit, les maisons éparses sont surmontées d'un panache blanc qui se découpe sur le ciel bleu ou sur le noir des forêts de sapins. De vrais nuages de fumée planent au-dessus des villages le Sentier et le Brassus.

Au lever du soleil, des cristaux de glace scintillent dans l'air, dansant la danse des atomes.

Le thermomètre du bas du Brassus a marqué entre 7 et 8 h. — 36° C.; au Sentier, celui de M. E. Baud — 36°, celui de M. A. Meylan — 34°, et sur le Pont-Neuf, M. L. Meylan, marchand de fer, a mesuré — 41° après 10 minutes d'exposition.

Derrière-la-Côte, soit à 65 mètres plus haut que le Sentier, le froid n'a pas dépassé — 34° ce jour-là.

A midi, le thermomètre de M. E. Baud, qui a reçu les rayons du soleil depuis 8 $\frac{1}{4}$ h. à midi, marque — 17°.

Etant venu au Sentier en portant à chaque main une valise, j'ai ressenti le froid, et c'est par des frictions répétées que j'ai prévenu la congélation. Pour le coup, l'air était transparent et le ciel bleu, mais, malgré la beauté du panorama, chacun filait son chemin le cou dans les épaules, le menton dans la poitrine.

Depuis 5 h. du soir, de longs strato-cirrus, venant toujours de l'WNW., s'empourprent, se soudent entre eux et, à 9 h., le ciel est tout à fait couvert.

Bar., 8 h., 668.9; 1 h., 666.4; 5 $\frac{1}{2}$ h., 666.5; moy., 667.3; néb. moy., 3.3.

1^{er} février: Ciel couvert; la neige tombe et ne cesse que le soir; le SW. souffle de plus en plus fort du matin au soir.

Bar., 666.3; au Brassus — 7° le matin; à la station, th. max., — 4°; pluv., 2.7; neige, 5 cm.; néb. moy., 9.7.

2 février: Le ciel couvert devient nuageux; le soir il est serein.

Bar., 678.5; th. max., — 1.0; néb. moy., 6.7.

3 février: Ciel serein; brumes légères traînant sur le sol; aiguilles de glace; à midi, quelques cirro-stratus.

Bar., 678.3; th. min., — 22°.0; th. max., — 4.0; néb. moy., 1.

Au Brassus, th., — 21°.5.

12 février : Matin, ciel voilé, strato-cirrus du SW.; dès 9 h., coups de vent SW.; à 1 h., 2 h., 3 h. jusqu'au soir et dans la nuit, pluie et neige.

Bar., 670.0; th. min., — 9.0; th. max., + 4.5; pluv., 16 mm.; neige, 9 cm.; néb. moy., 8.7.

13 février : Le ciel couvert s'éclaircit, SW.₂, soir serein.

Bar., 673.4; th. min., — 2.0; th. max., + 2.0; néb., 4.0.

14 février : Ciel serein; le brouillard plane de chaque côté de la vallée vers 1300 m.; dès 7 à 8 h. il descend en ondulant et par longues strates (2 1/2 km.); à 8 h. il est au fond de la vallée; depuis 10 h. la neige tombe en beaux cristaux grands et bien formés et tombera pendant cinq jours.

Bar., 672.8; th. min., — 21.7; th. max., — 1.0; néb., 9.3.

15 février : Couvert, neige par NE. pendant tout le jour.

Bar., 665.2; th. min., — 5.2; th. max., — 3.5; néb., 10.

En coordonnant les indications du baromètre, des courants aériens, de la nébulosité, de l'état hygrométrique de l'air, je crois pouvoir expliquer comme suit cette brusque et grande chute du thermomètre.

Durant trois jours, le soleil, entièrement voilé par de gros nuages à neige, n'a pu que faiblement réchauffer l'atmosphère. Une abondante chute de neige (20 cm.) a complètement tamisé l'air et l'a débarrassé de tout brouillard. Les nuages se sont dissipés le soir seulement, dès 5 heures, si bien que la durée du rayonnement a été le plus longue possible. Le courant WNW., qui a soufflé sans discontinuer du 28 au 31, dans les hauteurs, agissant comme aspirateur (le baromètre est tombé brusquement), a favorisé le rayonnement sans pourtant faire naître de courant terrestre ascendant. Le calme complet de la vallée, depuis le fond jusque bien au-dessus des deux chaînes du mont Tendre et du Risoux, a permis aux diverses couches d'air de s'ordonner de bas en haut dans l'ordre de leurs densités décroissantes au fur et à mesure du refroidissement.

Ainsi toutes les causes qui peuvent activer le rayonnement terrestre se sont trouvées en jeu dès le 28 au soir au 31 au matin, entre 7 et 8 heures, le soleil se levant à 8 1/4 h. Le refroidissement a augmenté du samedi au mardi, sans que 8 heures de soleil chaque jour aient pu l'atténuer; il a atteint son maximum

d'intensité au fond de la vallée, le long du cours de l'Orbe. C'est là que le froid s'est accumulé. Un « *Combier* » me disait : « *Le froid s'est entassé sur l'Orbe.* »

J'ai cité encore le cas du 14 février, pour montrer que ces chutes thermométriques occasionnées par le rayonnement nocturne ne sont pas rares, surtout à la fin de l'hiver ; mais jamais encore, durant notre siècle, on n'en a vu une pareille due à une si complète coïncidence de causes concourantes.

Le Sentier, 20 février 1888.

RAPPORT DE LA COMMISSION DE CONTROLE sur l'exercice 1886.

Monsieur le Président et Messieurs,

La Commission nommée d'abord par vous se composait de MM. Tzaut, de Sinner et Golliez ; le premier ne devait, hélas ! pas fonctionner longtemps, la mort étant venue si rapidement l'enlever à notre affection. M. de Blonay l'a remplacé dans la Commission.

Par un fâcheux concours de circonstances, la Commission dut vérifier à deux reprises les comptes de l'an dernier.

Durant le mois de février, elle a contrôlé toute la comptabilité de 1886, et, poussant ses investigations dans un domaine qui devait d'abord n'être pas le sien, elle a examiné les comptes de 1887 jusqu'au moment où M. Dutoit les avait arrêtés. Il s'agissait par ces opérations de donner au Comité la certitude du bon état de ces comptes, afin de fixer la somme pour laquelle nous devons intervenir dans la solution des affaires Dutoit. A ce moment déjà, les comptes établis par notre Caissier ont été reconnus parfaitement exacts.

Le mode de vivre de notre caisse a changé depuis l'accident qui l'a frappée, et, aujourd'hui, la comptabilité est établie par M. Pelet. Ce dernier a repris et refait le bilan de la Société au 31 décembre, il a revu toute l'année écoulée et nous avons cons-

taté avec plaisir que ses comptes sont parfaitement justes et bien tenus. Nous avons à signaler, à cette occasion, une heureuse innovation destinée à faire disparaître quelques irrégularités; c'est la séparation des arriérés en *créanciers divers* et *débiteurs divers*, qui, jusqu'ici, figuraient pêle-mêle dans nos comptes. Nous voyons sous ces rubriques des sommes de 262 fr. 10 cent. à débiteurs divers et 1832 fr. 50 à créanciers divers. M. Pelet a trouvé ainsi d'anciennes notes à régler et il était, en effet, fort utile d'être à jour sur ce point.

Nous croyons devoir signaler à l'attention du Comité quelques abonnements au *Bulletin* qui se font un peu attendre et nous pensons qu'il y aurait lieu, suivant la coutume ordinaire, de procéder à leur rentrée au moyen de mandats postaux.

Nos comptes présentent un excédent réel des recettes sur les dépenses de 1403 fr. 65.

La revision de la bibliothèque n'a amené aucune observation.

En résumé, nous vous proposons :

1° D'approuver les comptes de l'année 1886 tels qu'ils ont été établis par le Caissier; 2° de donner décharge au Comité ainsi qu'aux Commissaires-vérificateurs de leur gestion et de leur contrôle; 3° de voter au Comité et au Bibliothécaire des remerciements pour leur bonne administration.

Pour la Commission :
Le Rapporteur, E. GOLLIEZ.

Résumé des comptes pour 1886.

RECETTES

Finances d'entrée	Fr.	50	—
Contributions annuelles	»	1,856	—
Sous-locations	»	303	—
Intérêts perçus	»	3,404	—
Bulletins vendus	»	11	25
Tirages à part	»	91	10
	Fr.	5,715	35

DÉPENSES

Impression, brochage du <i>Bulletin</i>	Fr.	1,505	90
Bibliothèque	»	335	20
Dépenses extraordinaires	»	644	60
Observations météorologiques	»	185	—
Loyer, impôts	»	715	—
Fonds de Rumine, achats de livres	»	532	—
Frais d'administration	»	394	—
Excédent des recettes sur les dépenses	»	1,403	65
	Fr.	5,715	35

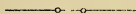
Bilan arrêté au 31 décembre 1886.

ACTIF

Titres déposés à la Banque cantonale vaudoise :			
15 délég. Desplands de 1000 fr., int.	Fr.	385 40	15,000 —
12 » Ritter » » »	300 —	12,000 —	
12 » Wyssbrod » » »	268 —	12,000 —	
5 » Wanner » » »	100 —	5,000 —	
55 oblig. 1878 de 440 fr.	» » 550 —	24,200 —	
14 » Etat de Vaud, 500 fr., » »	116 65	7,000 —	
1 cédule Caisse hypothécaire, » »	1 65	5,000 —	
Capital		75,700 —	
Rates d'intérêts	1721 70	1,721 70	
Capital. Compte nouveau	Fr.	77,421 70	
Solde en caisse	»	157 25	
En compte-courant chez A.-L. Dutoit	»	5,814 30	
Débiteurs divers, notes dues à la Société.	»	262 10	
	Fr.	83,655 35	

PASSIF

Créditeurs divers, notes non payées au 31 décembre 1886.	Fr.	1,832 50
Capital, solde créditeur.	»	81,822 85
	Fr.	83,655 35



PROCÈS-VERBAUX



SÉANCE DU 3 NOVEMBRE 1886.

Présidence de M. R. GUISAN, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté avec modification.

M. le président lit les lettres de remerciements des nouveaux membres honoraires, MM. van Beneden, Heim et Pasteur, ainsi que celles de démission de MM. Perdonnet et Hochreutiner.

Annnonce est faite d'un certain nombre de publications reçues.

M. le président donne lecture d'une circulaire de la Société pour le développement de Lausanne, offrant des locaux dans l'ancien Casino pour bibliothèque et séances. Après discussion, à laquelle prennent part MM. Renevier, Forel, Ch. Dufour, S. Chavannes, Bieler et de Sinner, la Société vote un renvoi au Comité pour étude et préavis.

Communications scientifiques.

M. F.-A. Forel fait une communication sur les micro-organismes des lacs d'eau douce.

Forel, 1876, Maggi, 1880, Cattaneo, 1882, Pavesi, 1883, Imhof, F. Brun, H. Blanc, 1884, ont découvert et décrit de nombreuses espèces d'organismes végétaux et animaux, de très petites dimensions, la plupart microscopiques, vivant dans la région pélagique des lacs d'eau douce, à côté des poissons et des entomostracés depuis longtemps connus. Ce sont, soit des Algues inférieures, Volvocinées, Palmellacées, Diatomacées, Phycochromacées, soit des animaux inférieurs appartenant au groupe des Rotateurs et des Protozoaires, Infusoires, AMOEBIENS, Flagellés, Cilioflagellés. Mais c'est seulement au printemps de 1886 que les recherches d'Asper et Heuscher dans les lacs du nord-est de la Suisse nous ont montré l'importance numérique de ces micro-organismes. Si l'on écume le lac avec le filet d'Asper (en toile de soie pour les tamis de meunerie, nos 170 à 190 du commerce), on pêche ces petits êtres, non plus en individus isolés, mais par centaines, par milliers, par millions.

J'ai vérifié le fait dans le lac Léman, et j'y ai reconnu la justesse de ce que décrit Asper (Archives de Genève, XVI, 366, 1886). Les espèces dominantes aux jours et lieux de mes pêches ont été

Ceratium hirundinella, DINOBYRON, deux espèces; *ANUREA foliacea*, un Rotateur non encore déterminé, des Diatomées, *CYCLOTELLA*, *MELOSIRA*, *Asterionella*, des Algues, *Pleurococcus angulosus*, *ANABENA circinalis*, etc.

Ce riche développement de micro-organismes nous fait mieux comprendre le cycle de la vie dans la région pélagique du lac.

L'eau du Léman contient en dissolution environ 10 milligrammes de matières organiques par litre. Ces matières sont fixées par les organismes végétaux, à savoir les microbes (Bactéries, etc.), dont le nombre a été estimé à 38 par centimètre cube par MM. Fol et Dunant; les Algues, Diatomées, Desmidiadées, Oscillariées, Palmellacées, etc.

Les poussières aquatiques en suspension dans l'eau sont absorbées par les Protozoaires, Infusoires, Flagellés, Cilio-flagellés.

C'est le premier stade de l'organisation de la matière nutritive.

Viennent ensuite des animaux un peu plus gros, les Rotateurs, les entomostracés, dont les uns sont phytophages et se nourrissent des Algues microscopiques, les autres sont carnivores, et mangent les animaux plus faibles qu'eux.

Ils servent, à leur tour, de proie aux poissons insectivores, Féras, lesquels sont mangés par les poissons carnassiers, Truites, Brochets, etc.

Les Poissons sont capturés par les Oiseaux piscivores et par l'homme.

Enfin, les cadavres et les déjections de tous ces êtres, restant ou retournant dans le lac, servent à maintenir à l'état stable la quantité de matière organique dissoute dans l'eau du lac.

Ces nouvelles découvertes prouvent qu'il y a dans les eaux de nos lacs une provision inépuisable et toujours renouvelée de nourriture, et qu'il n'y a pas lieu de se préoccuper de donner aux poissons des aliments qui leur sont offerts à profusion par les ressources opulentes de la bonne nature.

Lorsque j'ai écumé l'eau du lac par un temps de bise qui jetait sur le lac des tourbillons de poussière, j'ai trouvé en abondance, dans mon filet, du sable qui était maintenu en suspension par le jeu des vagues, et était entraîné en plein lac par les courants. Il y a là l'explication de la masse considérable de sable que contient le limon du lac jusqu'à une très grande distance de l'embouchure des affluents. Un échantillon de ce limon, dragué par 309 m. de profondeur, à 5 kilomètres au-devant d'Evian, a donné par lévigation à M. le prof. E. Chuard : 95.7 d'argile impalpable et 4.3 de sable fin.

M. le prof. **Renevier** montre, intercalées entre deux plaques de verre, deux feuilles de marbre des Georges, près Roche. Ces feuilles, obtenues avec le concours de M. Doret, de Vevey, et de M. Dupont, de Bruxelles, ont à peine 0.001 m. d'épaisseur, et laissent voir par transparence les polypiers dont elles sont composées.

M. **Grenier** montre un graphique des courbes de variation annuelle de la longueur du jour.

M. de **Sinner**, ingénieur, parle d'un groupe de cinquante blocs erratiques qu'il a observé cet été sur la grève de Clendy, près d'Yverdon, à une centaine de mètres du chemin de fer de Payerne.

Presque toutes les roches représentées par ces blocs, dont M. de Sinner montre de nombreux échantillons, sont étrangères au bassin d'Yverdon. Elles se trouvent au contraire toutes en place dans les Alpes valaisannes et vaudoises ou à leur pied, soit dans les massifs tributaires de l'ancien glacier du Rhône. (*Voir aux mémoires.*)

M. de Sinner résume ensuite les résultats obtenus par l'observation simultanée d'un tromomètre installé cette année à Douai (grâce à l'initiative de M. l'inspecteur général des mines de Chancourtois), et d'un grisoumètre qui fonctionne régulièrement à la fosse Hérin des mines d'Anzin. Ce dernier est une lampe de sûreté (système Pieler) dont la flamme indique par sa hauteur et sa forme la teneur en grisou de l'atmosphère souterraine.

Les deux séries d'observations parallèles, qui vont du 1^{er} février au 31 mars, montrent une corrélation marquée entre les variations de l'activité microsismique et celles de la proportion de grisou, révélées par la lampe. On a constaté de plus une similitude très remarquable entre les courbes tromométriques et grisoumétriques, d'une part, et la courbe barométrique renversée de l'autre. Les maxima et les minima ne se correspondent pas tout à fait comme dates, mais il y a une coïncidence parfaite entre les deux minima minimorum de pression barométrique (1^{er} février et 3 mars) et les maxima maximorum, tant des mouvements microsismiques que des proportions de grisou.

Les observations seront continuées et étendues prochainement aux bassins houillers du Centre et du Midi. En attendant, ces premiers résultats viennent à l'appui de l'opinion formulée par M. de Chancourtois, « que les dépressions barométriques développent les dégagements de grisou plutôt indirectement, en déformant localement les parties de l'écorce terrestre qui comprennent les couches et les amas de gaz. »

SÉANCE DU 17 NOVEMBRE 1886.

Présidence de M. R. GUIBAN, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président rappelle la mort de M. Elie Wartmann, professeur de physique à Genève, membre honoraire de notre Société; il annonce ensuite la candidature de M. Maurice Lugeon, ancien élève de l'école industrielle cantonale, présenté par MM. Schnetzler et Favrat.

Annnonce est faite d'un certain nombre de publications reçues.

Communications scientifiques.

M. H. Dufour, professeur, rassure les propriétaires de vignes au sujet d'un coup de foudre ayant touché environ 2500 ceps, dont un seul a été tué, cependant sans rien préjuger pour l'avenir.

M. H. Dufour raconte ensuite le coup de foudre du 26 juillet dernier, qui a frappé la maison Perrin, le Liseron, à Ouchy; il fait passer des photographies prises sitôt après l'événement, entre autres celle de carreaux de vitres cassés en stries parallèles.

M. Herzen, professeur, fait une communication sur *l'Irritabilité propre du tissu musculaire et la Rigidité cadavérique*. Les récentes communications de M. Brown-Sequard sur ce dernier phénomène, ont engagé M. Herzen à exposer les recherches déjà anciennes de M. Schiff, d'après lesquelles le tissu musculaire, réduit à son irritabilité propre, ne réagit qu'aux excitants mécaniques ou chimiques, mais point à l'électricité comme telle; et la rigidité cadavérique est une contraction *idio-musculaire*, généralisée grâce à l'ubiquité de l'irritant, qui n'est autre que l'acide sarco-lactique, un des produits de décomposition du tissu musculaire actif ou privé de la circulation. Ainsi, M. Schiff arrivait, il y a plus de 25 ans, à la conclusion que la rigidité cadavérique n'est pas le premier signe de la mort du muscle, mais le dernier signe de sa vie. Cette idée avait déjà été énoncée par Nysten, mais il n'avait su assigner aucune cause à cette contraction; aussi son idée a-t-elle été généralement rejetée; si elle n'a pas été reprise, alors que M. Schiff découvrit la cause dont il s'agit, c'est qu'une autre manière de voir se faisait jour et fut très généralement acceptée: la théorie d'après laquelle la rigidité cadavérique serait due à la coagulation du contenu des fibres musculaires. Les expériences de M. Brown-Sequard sont inconciliables avec cette théorie, tandis qu'elles s'accordent très bien avec l'explication donnée par M. Schiff.

M. Herzen attire l'attention de la Société sur l'analogie qu'il y a entre la rigidité cadavérique et la *raideur de fatigue* des muscles surmenés; il n'est pas nécessaire que la circulation du sang soit complètement abolie, il suffit qu'elle soit *insuffisante*, pour produire la raideur de fatigue, qui n'est pas autre chose qu'une légère rigidité cadavérique. Le passage de l'une à l'autre se fait par degrés imperceptibles. (V., pour plus de détails, la « Semaine médicale » du 24 novembre 1886.)

M. Lecoultre, étudiant de la faculté technique, entretient la Société d'un nouveau genre d'interrupteur électrique et fait passer, à l'appui, deux appareils construits par lui.

Ces interrupteurs diffèrent de ceux qui sont actuellement en usage :

1^o Par la surface de contact, qui a la forme conique.

2^o Par le mécanisme d'interruption, qui permet de supprimer instantanément le courant électrique, qualité essentielle que doit posséder tout interrupteur pour éviter la formation de l'étincelle.

Chaque fois que l'on opère la fermeture ou l'ouverture du courant, il se produit un mouvement de friction dans le cône, qui maintient les surfaces de contact parfaitement polies.

Tous les essais faits sur les deux modèles construits ont parfaitement réussi.

Fabriquée en grand, l'instrument serait très bon marché.

M. le ministre **Rapin** donne quelques détails sur la visibilité des planètes.

SÉANCE DU 1^{er} DÉCEMBRE 1886.

Présidence de M. R. GUIBAN, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Sur la proposition de M. Forel, l'assemblée générale aura lieu le 15 décembre, à 3 heures.

M. le président annonce la démission de M. *Lommel* et celle de M. *Isler*; par contre, il proclame membre de notre Société M. *Maurice Lugeon*.

M. le président lit une invitation de la Société bernoise des Sciences naturelles à venir fêter, le 18 courant, le centième anniversaire de sa fondation; cette invitation circule dans les bancs.

M. le président remercie, au nom de la Société, MM. Renevier et Forel, pour des publications dont ces Messieurs lui font hommage.

Communications scientifiques.

M. le Dr **H. Blanc**. Le *Mytilaspis pomorum*, Cochenille des pomiers. (*Voir aux mémoires*.)

M. F.-A. Forel expose son « programme d'études limnologiques pour les lacs subalpins », dont les traits principaux ont été publiés dans les Archives de Genève, XVI, 471, novembre 1886. En comparant ces desideratas avec ce qui est connu dans notre lac, il constate que l'étude des faits physiques et biologiques a été poussée assez loin dans le Léman pour les besoins actuels de la science. Il relève cependant deux points qui réclament une étude ultérieure :

1^o L'étude de la température pélagique du Grand-lac. Elle a été entreprise en 1851-52 par F. Burnier et Al. Versin, de Morges; mais ces observations ayant cessé avant le commencement des études régulières de la température du lac dans le port de Genève, il n'est pas possible de coordonner les deux séries. Depuis 1879, M. Forel a mesuré fréquemment la température pélagique du Grand-lac, et il possède 348 observations comparatives avec celles de Genève. En les ordonnant par mois, il en tire la correction à apporter aux moyennes mensuelles de Genève pour obtenir la température pélagique du lac Léman. Voici ces chiffres :

Mois.	Correction F.-A. F.	Température du Grand-lac.
Janvier	+ 1.3	6.4 ^o
Février	+ 0.9	5.9
Mars	— 0.0	6.1
Avril	— 0.4	8.4
Mai	+ 0.8	12.5
Juin	+ 2.1	17.4
Juillet	+ 1.9	20.0
Août	+ 1.0	19.6
Septembre	+ 0.4	17.5
Octobre	+ 0.2	14.2
Novembre	+ 0.5	10.1
Décembre	+ 1.3	7.9
Moyennes	+ 0.8	12.1

D'après ces chiffres, les eaux du Grand-lac seraient plus chaudes que le port de Genève pendant toute l'année, sauf les mois de mars et d'avril.

Des mesures faites pendant cet été par les capitaines de nos bateaux à vapeur confirment ces résultats et montrent l'intérêt qu'aurait la continuation régulière de ces études.

2^o L'étude de la température du Rhône, le principal affluent du lac. M. Forel l'a fait mesurer tous les jours, pendant l'année actuelle, par un gendarme du poste de St-Maurice. Il présentera un rapport sur ce sujet quand l'année d'observation sera terminée.

M. Forel demande qu'une commission soit nommée, qui étudie ce programme d'études et son application dans le lac Léman.

Cette proposition est renvoyée au Comité, pour étude et préavis.

M. N. Lœwenthal recommande le *picro-carbonate de soude* comme solution colorante pouvant remplacer le picro-carbonate d'ammoniaque. Il décrit le procédé qu'il a mis en usage pour préparer cette solution et insiste sur les avantages qu'elle présente.

M. Herzen rapporte quelques expériences qu'il a faites pour s'assurer du résultat obtenu récemment par M. Langley, d'après lequel l'acide carbonique détruit rapidement la *propepsine*, tandis qu'il ne détruit que lentement la *pepsine* elle-même.

M. Herzen a extrait une muqueuse gastrique de chien, d'abord par de la glycérine pure, ensuite par de l'eau distillée et enfin par de l'acide chlorhydrique au 2⁰⁰/100. Il avait ainsi trois infusions à sa disposition, la première contenant seulement de la pepsine, la seconde seulement de la propepsine, et la troisième de nouveau de la pepsine.

Après avoir dilué l'infusion glycérique de dix fois son volume d'eau, et après avoir neutralisé l'infusion acide, chacun des trois liquides a été divisé en deux moitiés, dont l'une a été soumise à un courant d'acide carbonique pendant deux heures; puis les six liquides ont été réacidulés et mis à l'étuve avec de l'albumine coagulée par la cuisson.

Les deux infusions glycériques ont digéré également; l'acide carbonique n'avait donc pas détruit la pepsine. Des deux infusions aqueuses, *une seule* a bien digéré : celle qui n'avait pas subi l'influence de l'acide carbonique; l'autre était à peu près inactive; donc, l'acide carbonique avait détruit la propepsine. — Le résultat de M. Langley est ainsi pleinement confirmé. — Mais l'infusion acide, qui avait été neutralisée avant le passage de l'acide carbonique, s'est comportée d'une manière singulière : la moitié simplement réacidulée après la neutralisation n'a *rien* digéré, tandis que celle qui, entre la neutralisation et la réacidulation, avait subi l'influence de l'acide carbonique, a donné une digestion *très manifeste*.

M. Langley a montré que les alcalis et les sels alcalins sont très nuisibles à la pepsine; l'expérience de M. Herzen montre qu'ils ne la *détruisent* pas, mais qu'ils la *modifient* seulement, de telle sorte que l'acide carbonique peut lui rendre ses propriétés.

Ces expériences ont été répétées deux fois sur deux muqueuses gastriques de chien, grâce à l'obligeance de M. Auguste Favrat, qui a bien voulu se charger de leur exécution. M. Herzen a con-

servé les flacons pendant trois mois, et il les fait circuler à l'appui de son dire.

M. Favrat, professeur, montre une fougère rarissime pour la Suisse, le *Botrychium virginianum*, qu'il a lui-même cueilli dans le Prättigau.

M. le prof. E. Bugnion présente le résumé de deux travaux histologiques exécutés par M. Edouard Bornand, à la station zoologique de Naples, et intitulés :

1^o *Sur la distribution des nerfs dans la muqueuse buccale des poissons, et sur quelques particularités de son épithélium.*

2^o *Sur l'origine et la nature de la gaine de sarcolemme chez les poissons. (Voir aux mémoires).*

SÉANCE GÉNÉRALE DU 15 DÉCEMBRE 1886.

Présidence de M. R. GUIBAN, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce un certain nombre de livres reçus; il lit ensuite les lettres de démission de M. de St-George, de Changins sur Nyon, de M. le Dr de la Harpe, à Lausanne, et de M. Villard, instituteur. Il proclame membre de notre Société M. Pierre Blatter, à Lausanne, présenté par MM. Forel et Herzen.

M. FOREL dépose sur le bureau quatre manuscrits de Venetz, don de M. Blatter.

M. le président fait encore circuler l'invitation de la Société bernoise des Sciences naturelles à son centenaire.

M. Forel, qui est invité d'autre part à cette solennité, se charge d'y représenter notre Société.

Communication est faite d'une invitation de la Société d'émulation du Doubs, à sa séance annuelle du 16 décembre.

M. Marc Dufour est prié de représenter la Société.

Lecture est faite d'une circulaire du Comité du « Herr-monument », la collecte est close, le monument est assuré. — La somme des dons s'élève à 8,845 fr. 10.

M. le président annonce la nomination de la Commission du Léman. Cette Commission, composée de MM. Forel, S. Rochat et H. Dufour, a eu sa première séance, dont M. Forel donne un résumé.

L'ordre du jour de la séance appelle la nomination du président, du vice-président et de deux membres du Comité.

M. Charles Dufour est nommé président par acclamation.

M. Ed. Bugnion est nommé vice-président par 16 voix sur 22 votants. M. Forel est nommé membre du Comité par 16 voix sur 26 votants. M. E. Chuard est nommé membre du Comité, aussi par 16 voix sur 26 votants; ces deux Messieurs en remplacement de MM. Renevier et Herzen, non rééligibles.

Sont nommés commissaires-vérificateurs pour l'année 1886-87, MM. *Tzaut*, professeur, de *Sinner*, ingénieur, et *Golliez*, secrétaire au Département de l'instruction publique.

Les cotisations annuelles et les finances d'entrée sont maintenues, ainsi que les jours et les heures des séances, sauf pour les deux du mois de janvier, qui auront lieu le second et le quatrième mercredi du dit mois.

Le projet de budget proposé par le Comité est adopté comme suit :

RECETTES		DÉPENSES	
Contribut. annuelles .	Fr. 1,900	Loyer	Fr. 410
Entrées, finance, etc. »	20	Legs de Rumine . . . »	600
Abonnements et vente		Administration . . . »	400
de bulletins »	80	Edition du Bulletin . . »	3,550
Intérêts »	3,580	Bibliothèque »	300
		Observatoire »	320
	Fr. 5,580		Fr. 5,580

M. *BIELER* fait part à la Société de ses craintes au sujet des fréquentes démissions ; il aimerait voir le Comité chercher les moyens de réveiller dans les populations le goût des sciences naturelles.

M. le président, et MM. *Forel* et *Dutoit*, rassurent M. *Bieler*.

M. *BIELER* insiste et le nouveau Comité étudiera la question.

MM. *FOREL* et *GOLLIEZ*, du Département de l'instruction publique, pensent que le moment serait venu de fusionner notre bibliothèque avec la Bibliothèque cantonale.

MM. *Bieler* et *Renevier* appuient la manière de voir de ces Messieurs et la question est renvoyée au Comité.

Communications scientifiques.

M. le professeur *E. Chuard* communique les résultats de ses recherches sur la présence du cuivre dans les vins sulfatés. Il a trouvé dans le moût filtré provenant d'une vigne traitée à la bouillie bordelaise avec une exagération intentionnelle, et un mois seulement avant la vendange, une proportion relativement considérable de cuivre : 26 milligr. pour un litre. C'est à l'état de *malate de cuivre* soluble que se trouvait le métal ; c'est donc l'acide malique du moût qui communique à celui-ci son pouvoir dissolvant vis-à-vis de l'hydrate de cuivre provenant de la bouillie bordelaise.

Après fermentation, le vin nouveau de même provenance, non filtré, ne renfermait que des traces de cuivre. Le vin filtré n'en renfermait plus du tout. La fermentation a donc pour effet l'élimination complète du cuivre, à l'état de composés insolubles. M. *Chuard* croit pouvoir conclure de ses recherches que cette élimination se fait par transformation du malate de cuivre soluble en *tartrate de cuivre*, insoluble dans le liquide alcoolique. (*Voir aux mémoires.*)

M. *Jean DUFOUR* fait circuler deux photographies de ceps chargés de fruits, l'un traité à la bouillie bordelaise et l'autre pas, et donne des explications.

M. FOREL raconte l'apparition du mildiou chez nous, et recommande vivement l'emploi de la bouillie bordelaise au commencement de juillet.

M. GUILLEMIN dit qu'en Algérie on éteint la chaux dans une solution plus concentrée de Cu SO_4 , de manière à obtenir une poudre dont l'emploi est plus commode et plus propre; on pourrait ajouter à cette poudre du soufre pour combattre en même temps l'oïdium.

M. Jean DUFOUR ne recommande pas le mélange du soufre; par contre, il recommande l'eau céleste ou le sulfate de cuivre ammoniacal, et comme préventif une solution à $\frac{1}{2}$ ‰ de sulfate de cuivre.

M. F.-A. Forel décrit la grotte ou galerie naturelle qu'il a découverte et étudiée, dans l'été de 1886, dans le glacier d'Arolla, vallée d'Herens. Elle mesure 250 m. de long, 6-15 m. de large, 2-4 m. de haut. Il en cherche l'origine dans le torrent du glacier des Doves-blanches, qui traverse le glacier d'Arolla pour aller se jeter dans la Borgne.

Il montre comment le glacier, dans sa partie inférieure, est actuellement dans un état presque complet d'immobilité, ce qui explique la réduction progressive du glacier. D'autre part, il n'a pas pu reconnaître de traces d'érosion glaciaire sur le sol sur lequel le glacier repose.

M. RENEVIER dit quelques mots des grottes artificielles qui sont creusées un peu partout en Suisse pour l'agrément des voyageurs, et qui se prêtent admirablement à l'observation à cause de leur clarté.

SÉANCE DU 12 JANVIER 1887,

à l'auditoire de physique de l'Académie.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté avec une légère modification.

MM. *Frédéric Seiler* et *Ernest Wulliëmoz*, tous deux pharmaciens, assistants au laboratoire de chimie, présentés par MM. E. Chuard et Ch. Dufour, sont proposés comme membres de la Société.

M. Ed. Bugnion ayant donné sa démission de vice-président, il est procédé à son remplacement. M. H. Blanc est nommé vice-président par 25 voix sur 32 bulletins.

Pendant le vote, M. Forel raconte l'aimable réception qui lui a été faite, ainsi qu'à M. Goll, à la fête du centenaire de la Société des Sciences naturelles, à Berne.

Communications scientifiques.

M. Palaz, du bureau international des poids et mesures: Méthodes et instruments de mesure. (*Voir aux mémoires.*)

M. F.-A. Forel. Physique des glaciers. (*Voir aux mémoires.*)

M. Herzen rappelle en quelques mots le travail qu'il a présenté à la Société, il y a quatre ans, et dans lequel il a démontré, au moyen d'une méthode nouvelle et fort simple, un fait qui était auparavant assez difficile à constater : le fait que la rate est un auxiliaire de la digestion. M. Herzen a encore perfectionné et simplifié sa méthode et l'a rendue extrêmement démonstrative. Voici comment il procède : il sacrifie trois animaux, dont le premier est tué à jeun, le deuxième et le troisième en pleine digestion, avec cette différence que le dernier a depuis longtemps subi l'extirpation de la rate, opération que les animaux supportent sans inconvénient ; on prend le pancréas des trois animaux et la rate des deux premiers ; on hâche ces viscères et on les infuse séparément dans de la glycérine pure. Au bout de quelques semaines, on voit que les fragments du *premier* et du *troisième* pancréas sont entiers et intacts, tandis que ceux du *deuxième* se sont complètement désagrégés et en grande partie dissous : l'organe s'est digéré lui-même. Il s'ensuit que les propriétés digérantes du pancréas, qui se manifestent à une certaine période de la digestion, *manquent*, lorsque la rate est absente. On prend à présent une partie des deux pancréas qui ne se sont pas digérés, et on en mélange la moitié avec de l'infusion de rate provenant de l'animal tué à jeun, et l'autre moitié avec l'infusion de rate provenant de l'animal digérant. Au bout de quelque temps, on constate que les fragments de pancréas se sont digérés dans le dernier de ces deux mélanges, tandis que dans tous les autres flacons ils continuent à se maintenir intacts.

Par conséquent, *c'est la rate qui confère au pancréas ses propriétés digérantes*, et elle ne le fait qu'à une certaine période de la digestion, puisque, prise sur un animal jeûnant, elle n'a point cette influence.

SÉANCE DU 26 JANVIER 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce un certain nombre de livres et publications reçus ; il remercie MM. Renevier et Lœwenthal pour leurs brochures ; M. Renevier appelle l'attention de la Société sur celle de la Société géologique suisse, qu'il offre de sa part.

MM. Frédéric Seiler et Ernest Wulliëmoz, présentés par MM. Chuard et Ch. Dufour, sont proclamés membres de la Société.

M. le président annonce la faillite du caissier de la Société, mais ne peut pas encore se prononcer sur le montant compromis.

Communications scientifiques.

M. Guillemin parle de la « Reversibilité des forces physiques », et résume les principes qu'il avait commencé à exposer dans la

séance du 10 janvier 1883. Il analyse ensuite le nouvel ouvrage de M. Faye, sur « les Cosmogonies anciennes et modernes », et arrive à la conclusion que le système solaire n'a pas été formé en une seule fois, mais par suite de deux condensations successives, dans l'intervalle desquelles la vie et les évolutions climatériques que nous connaissons se sont déjà développées sur la terre.

Après son refroidissement, le soleil devint de nouveau un centre d'attraction de matière nébuleuse qui, par sa condensation, développa de la chaleur. Le soleil fut rendu gazeux pour la seconde fois, la terre entra en fusion, jusqu'à une certaine profondeur du moins, et toute trace de débris organiques disparut.

A l'appui de cette hypothèse, M. Guillemain cite différents phénomènes astronomiques, tels que la grande inclinaison de l'équateur des planètes les plus rapprochées du soleil et le mouvement de rotation inverse des plus éloignées, la distance de Neptune, qui s'écarte assez fortement de la loi de Bode, l'amas de petites planètes entre Mars et Jupiter, dont plusieurs ont des orbites très excentriques; enfin, l'auteur fait observer que le mouvement de révolution de l'un des satellites de Mars, plus rapide que celui de rotation de la planète, trouve une explication toute naturelle par l'hypothèse d'une seconde condensation de nébulosités, douées d'un mouvement de rotation rétrograde.

M. Ch. DUFOUR fait quelques observations.

M. **Henri Dufour**, prof., indique un fait nouveau relatif à l'action qu'exerce un aimant sur un liquide en mouvement, lorsque ce liquide a une forte tension superficielle et est en même temps très diamagnétique. La tension superficielle étant un phénomène essentiellement moléculaire comme l'état magnétique, on pouvait prévoir que cette tension et les phénomènes qui en dépendent seraient modifiés par l'action d'un champ magnétique intense. L'expérience confirme cette supposition, elle est faite devant la Société de la manière suivante : Du mercure s'écoule par un tube capillaire horizontal placé entre les pôles d'un grand électro-aimant, le liquide décrit une parabole, la veine est continue jusqu'à une certaine distance de l'orifice, puis se résout en gouttelettes. Lorsque l'électro-aimant agit, la parabole est plus tendue, en même temps la partie continue de la veine s'allonge. Ce fait indique *un accroissement de vitesse* dans l'écoulement du mercure sous l'influence de l'action de l'aimant.

D'après la loi de *Poiseuille* et *Hagen*, la vitesse d'écoulement d'un liquide dans un tube capillaire est donnée par la relation
$$V = \frac{1}{c} \frac{PD^4}{L}$$
, formule dans laquelle P est la pression, D le diamètre du tube, L la longueur et c un coefficient qu'on peut appeler *coefficient de frottement intérieur du liquide*.

La loi de Poiseuille se vérifie même pour les liquides qui ne mouillent pas le verre, comme le mercure¹. Or l'expérience précédente montre que, pour le mercure au moins, la valeur du coefficient c diminue dans un champ magnétique, lorsque le liquide qui s'écoule est fortement diamagnétique.

¹ M. Warburg.

Si on désigne par 1 la valeur de ce coefficient, quand l'aimant n'agit pas, la mesure de l'augmentation de tension de la parabole dans l'expérience précédente montre que le coefficient s'est abaissé à 0.92 environ.

M. Dufour se propose de mesurer dans diverses conditions la variation de ce coefficient pour le mercure et pour d'autres liquides, ainsi que pour les gaz magnétiques et diamagnétiques. Il est à prévoir que la vitesse d'écoulement des liquides magnétiques, tels que le chlorure de fer, doit diminuer dans un champ magnétique.

L'expérience précédente peut en tout cas servir à montrer les propriétés diamagnétiques du mercure d'une manière plus visible que celles qu'on fait ordinairement dans ce but.

M. **Renewier**, prof., parle d'un nouveau gisement de crétacique supérieur dans notre contrée, qui présente un faciès plus crayeux que les représentants de cet âge que l'on connaissait jusqu'ici en Suisse : le *Seewerkalk* de la Suisse orientale, et les *couches rouges* de nos préalpes.

Ce nouveau gisement se trouve près de Semsales, dans le canton de Fribourg. Il a été signalé pour la première fois par M. Gilliéron (Mat. Cart. géol., 18^e livr., p. 185). Le Musée de Lausanne en avait acquis, il y a un an ou deux, de grandes plaques d'un calcaire crayeux blanc, couvertes de débris de fossiles. L'étude qu'on en a faite récemment y a fait reconnaître un grand Inocérane, bien distinct de celui que M. Coster avait nommé *In. Brunneri*, et que Merian avait identifié à *In. Brongniarti*, Sow.

Un grand morceau, de 32^{cm} de large, qui a pu être reconstitué, paraît tout à fait conforme à *In. Cuvieri*, Brong. du Léonien. La couche est comme pétrie de débris de ces Inocérames. Avec lui se trouvait une petite huitre, dont une grande plaque est entièrement recouverte, et un petit oursin, *Cardiaster Gillieron*, Loriol, qui paraît plus rare.

SÉANCE DU 2 FÉVRIER 1887.

Présidence de M. Ch. Dufour, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce un certain nombre de publications reçues, puis il fait voter une proposition du Comité, consistant à nommer une commission composée de quelques anciens présidents, pour délibérer sur les affaires financières de la Société et présenter rapport et préavis. — Adopté.

Communications scientifiques.

M. le Dr **H. Schardt** parle de ses recherches sur les sources du mont de Chamblon, près Yverdon. Ces sources forment deux groupes différents selon leur origine. Les sources superficielles de faible volume ont une température variable suivant la saison ; elles tarissent souvent en été ; leur eau provient de la montagne même.

Les grandes sources du pied N. et N.-E. de la montagne ont un volume si considérable, qu'il ne peut pas être question de les attribuer à des eaux descendant du mont de Chamblon. Leur température est en général *plus élevée* que la température moyenne de la région. Elles proviennent donc d'une assez grande profondeur, et il y a lieu de les attribuer à des eaux s'infiltrant dans le Jura et passant dans des terrains perméables (marne d'Hauterive et marnes purbeckiennes), pour ressortir au mont de Chamblon. La constitution géologique du pied du Jura justifie pleinement cette opinion.

Les sources du *Moulinet* et celles de la *Grange Décoppet* sortent de la marne d'Hauterive; leur température est entre 10° et 11°. Plus le volume est *faible*, plus la température est *élevée*.

Les deux sources du *Moulin Cosseau* sortent d'une faille dans le valangien inférieur. Leur température est entre 14.5 et 15°. Il est possible que ces sources soient en relation avec l'eau du marais de Baulmes, laquelle se perd sous terre par un *entonnoir* au pied de la colline de Feurtille.

Dans le voisinage jaillissent deux sources plus petites, celle des *Huttins* (14°) et celle de la *Blancherie* (13°).

M. F.-A. Forel présente un aérolithe provenant de la grande chute du 3 février 1882, tombée à Mocz en Transylvanie. Cette pierre appartient à la collection de l'abbaye de St-Maurice, en Valais.

Après avoir montré comment les détails externes et internes de l'aérolithe répondent bien à la description donnée par les auteurs de ces pierres météoriques, dont les collections austro-hongroises possèdent plus de 2000 échantillons, M. Forel rappelle les théories modernes qui relient les météorites aux étoiles filantes, et celles-ci aux comètes.

MM. GUILLEMIN et RAPIN font quelques observations.

M. DE SINNER rappelle la proche parenté qui existe entre les météorites pierreuses (comme celles de Mocz) et les roches éruptives terrestres les plus basiques, soit les plus lourdes. Les silicates sont les mêmes. Le fer chromé et le nickel se retrouvent aussi dans les péridotites. Les météorites ne diffèrent des roches terrestres très basiques que par la substitution du fer natif à l'oxyde de fer magnétique et d'un phosphore complexe aux phosphates. Les belles expériences de M. Daubrée ont démontré qu'en réduisant, par l'hydrogène ou par le charbon, les roches péridotiques terrestres, on obtient un produit entièrement semblable à celui de la fusion des météorites.

Il est donc naturel d'en conclure, avec MM. Daubrée et Lapparent, qu'à des profondeurs encore plus grandes que celles d'où nous viennent les roches péridotiques, il existe, au-dessous de l'écorce terrestre, une zone où l'action oxydante est devenue assez faible pour qu'il s'y développe des produits de même composition que les météorites. Ainsi ces dernières, rangées par ordre de densité, forment une série qui prolonge, en profondeur, celles des roches terrestres accessibles à l'observation.

M. RENEVIER rappelle qu'en 1875, la Société a reçu de M. G. Hinrichs un bel échantillon de météorite tombé, le 10 février 1875, dans

l'Etat de Jowa¹. Cette pièce est conservée au Musée géologique. Elle présente une croûte noirâtre tout à fait semblable à l'exemplaire de l'abbaye de St-Maurice. A la cassure, l'aspect est aussi très semblable, sauf qu'on n'y voit pas les grains de fer nickellifère, si visibles sur ce dernier. D'après la nomenclature de M. Daubrée, la météorite de Jowa serait une *Asyrière*, tandis que celle qu'a étudiée M. Forel serait une *Sporadosyrière*.

M. Marguet expose le résumé des observations météorologiques pour 1886, puis il dépose son mandat, en donnant à la Société les études du climat de Lausanne pendant les treize dernières années de son service. (*Voir aux mémoires.*)

M. le président remercie M. Marguet, et l'assemblée se lève en signe de reconnaissance pour ses travaux consciencieux.

SÉANCE DU 16 FÉVRIER 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce quelques publications reçues.

Communications scientifiques.

M. le prof. **Renévier** parle d'un squelette fossile de *Myliobates* qui vient d'être décrit et figuré par M. le baron A. DE ZIGNO. Le genre *Myliobates* est encore vivant, entre autres dans la Méditerranée, mais jusqu'ici on n'en avait trouvé fossiles que des plaques palatales, ou des portions de celles-ci, comme on en rencontre parfois dans notre mollasse. Le magnifique exemplaire de *Myl. Gazolai*, Zign., provient du riche gisement ichtyologique éocène de Monte-Bolca (Vénétie), et se trouve conservé dans la collection du comte Gazola, à Vérone. Le corps est entier et mesure 48 cm. de long sur 24 de large dans sa partie antérieure. Les dents palatales sont visibles.

SÉANCE DU 2 MARS 1887,

à l'auditoire de chimie, place du Tunnel, 11.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

¹ Voir Bull. Soc. vaud., XIV, p. 459, 474 et 576.

Communications scientifiques.

M. le Dr **Brunner** parle de la liquéfaction et de la solidification des gaz et décrit l'appareil Cailletet ; puis il procède à diverses expériences et montre à l'assemblée le gaz acide carbonique liquide, puis à l'état solide, semblable à des flocons de neige.

M. **S. Chavannes** fait l'historique des recherches sur l'éboulement du Tauretunum, et montre que l'emplacement de cette montagne doit être à la Derotschiaz, au-dessus de Vouvry. Des fouilles faites dans les collines qui traversent la vallée du Rhône en cet endroit, ont mis à découvert une quantité de squelettes d'hommes, bœufs, porcs, chevaux, etc., dont M. Chavannes présente quelques spécimens.

M. **H. Dufour** entretient la Société de ses études sur les diverses explications de « l'accroissement de vitesse d'écoulement d'un liquide diamagnétique soumis à l'action d'un puissant aimant. »

SÉANCE DU 16 MARS 1887,

à l'auditoire de physique.

Présidence de M. **HERZEN**, professeur.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce les démissions, par refus de paiement de la cotisation annuelle, de :

MM. *Aloys Chappuis*, Chaux-de-Fonds.

Ch. de Montet, docteur, à Vevey.

J.-B. Dupertuis, pasteur, à Avenches.

Léon Martinet, pharmacien, à Genève.

D. Dupertuis, ingénieur, à Lausanne.

Communications scientifiques.

M. le prof. **Herzen** communique ses travaux sur la physiologie de la Thyroïde. (*Voir aux mémoires.*)

M. le prof. **H. Dufour** présente le résumé des observations météorologiques du Champ-de-l'Air ; il donne quelques chiffres pour ce qui concerne deux genres nouveaux d'observations, soit le relevé des heures de soleil et la température du sol.

Le même montre à l'assemblée de nombreuses projections de spectres de réseaux, avec les lignes caractéristiques pour plusieurs métaux.

SÉANCE DU 6 AVRIL 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président remet au secrétaire et caissier provisoire 155 fr., reliquat d'émolument abandonné à la Société par M. le professeur Marguet, auquel M. le président adresse de sincères remerciements.

M. le président pose la candidature de M. *Delebecque*, ingénieur, à Thonon.

M. *H. de Blonay* sera prié de remplacer comme commissaire-vérificateur M. Tzaut, décédé.

Communications scientifiques.

M. le ministre **Rapin** raconte l'observation qu'il a faite de l'occultation de l'étoile Aldébaran par la Lune, en date du 2 mars passé :

A six heures et cinq minutes du soir, heure de nos gares, à la tombée de la nuit, le temps étant beau et clair, la lune, âgée de huit jours et par conséquent n'ayant que peu au-delà de la moitié de son disque éclairé, étant en outre encore tout près du méridien, et à une hauteur d'une soixantaine de degrés au-dessus de l'horizon, la belle et rougeâtre étoile Aldébaran, de la constellation du Taureau, étoile de première grandeur, disparaissait subitement. Elle venait d'être occultée par le bord gauche, invisible alors, du disque de la lune.

Il y a dans cette disparition tout à fait subite d'un astre très brillant derrière un obstacle, ou mieux, derrière un écran qu'on ne voit pas, quelque chose de très frappant et qui produit une impression de vive surprise. On peut presque dire que c'est, en fait de temps, ce qu'est un atôme quand il s'agit de matière ; seulement, tandis que l'atôme échappe complètement à notre vue, la disparition subite de l'étoile nous est très sensible. Il y a bien là de quoi nous faire réfléchir sur le caractère fictif de la grandeur angulaire sous laquelle nous apparaissent les étoiles, et par conséquent sur les distances énormes qui les séparent de nous.

Aldébaran est demeuré occulté, pour Lausanne, jusqu'à 7 heures et 7 minutes, soit pendant 1 heure et 2 minutes, environ un quart d'heure de plus que pour Paris, et la corde de son passage, un peu oblique à celle du passage pour Paris, était en effet un peu au sud de cette dernière, surtout à l'émersion.

Ces phénomènes d'occultation sont utilisés par les astronomes et par les marins, pour la détermination des longitudes, comme aussi pour l'étude de la question d'une atmosphère autour de la lune.

Il y aura encore deux occultations d'Aldébaran par la lune, visibles cette année pour Paris, savoir le 16 juillet et le 6 octobre. Les circonstances qui s'y rapportent sont indiquées, p. 63 de l'Annuaire du Bureau des longitudes pour 1887 ; et en recherchant dans le même

volume l'âge de la lune à ces deux dates, on verra que le bord gauche ou bord d'occultation sera alors éclairé, ce qui peut modifier les circonstances optiques du phénomène, et en tout cas, nous semble-t-il, l'impression qu'il produit. Dans les deux ou trois années qui ont précédé, il y a déjà eu des occultations de la même étoile; il y en a douze en 1887, dont quatre seulement visibles pour Paris; l'année prochaine, il y en aura encore trois dans les premiers mois de l'année, dont une, le 20 février, peut être visible dans nos contrées; puis plus, à ce que nous croyons, jusqu'à ce que, au bout de bien des années, le mouvement des nœuds de l'orbite lunaire ramène la lune, alors que, dans sa révolution mensuelle, elle passe au 67^{me} ou 68^{me} degré de longitude céleste, à une latitude assez rapprochée de celle de l'étoile, soit entre 5 et 6 degrés de latitude australe. C'est dans les années 1867 et 1868, soit il y a 19 à 20 ans, durée de la révolution des nœuds, que nous retrouvons de très nombreuses occultations d'Aldébaran, une pour chaque mois, dont quatre seulement visibles à Paris.

Du reste, la zone dans laquelle peuvent avoir lieu les occultations renferme plusieurs belles étoiles, et du Lion ou Régulus, et de la Vierge ou l'Epi, et du Scorpion ou Antarès. En 1870, les planètes ont presque toutes été occultées par la Lune; Vénus l'a été en 1868.

M. le président, Ch. DUFOUR, a ajouté quelques remarques sur une réapparition très courte d'une étoile occultée observée quelquefois un instant après une première occultation, et sur la possibilité d'une ouverture formée, au bord de la Lune, par des masses rocheuses archboutées l'une contre l'autre, expliquant ainsi l'apparence d'un trou dans la Lune mentionné par quelques observateurs, et faisant penser au « trou d'Uri ».

M. H. DUFOUR, prof., communique à la Société ses travaux sur la mesure de l'évaporation. [*Voir aux mémoires.*]

A l'occasion de cette dernière communication, M. FOREL dit quelques mots sur l'évaporation mesurée avec des briques mouillées.

M. le prof. SCHNETZLER entretient la Société de ses observations sur une matière colorante des eaux du lac de Bret et de celles faites sur une matière colorante rouge déposée au fond de la fontaine des bains de l'Alliaz, à 2 $\frac{1}{2}$ lieues au N.-E. de Vevey; ces dernières observations communiquées dans la séance du 18 juin 1886.

M. Schnetzler trouve dans ces observations des faits qui viennent à l'appui des observations de Zopf et démontrent que le même Schizomycète peut passer par les phases de Leptothrix, de Métrococcus, de Zoogloea, de bacilles, ce dernier mot pris dans le sens de forme de baguette. [*Voir aux mémoires.*]

M. le prof. FOREL dit quelques mots sur la couleur des eaux de nos lacs suisses.

M. LUGEON, préparateur. En 1885, les terrassements pour la construction des nouveaux abattoirs mirent à jour la mollasse (Langhien). Une partie de la mollasse provenait d'anciens éboulements des couches supérieures se trouvant dans la forêt qui domine les nouveaux abattoirs. Cette mollasse est caractérisée par une grande

abondance de feuilles de *cinnamomum*, *populus* et *Acacia parschlugiana*, ce dernier avec les légumes. Les couches de la mollasse furent attaquées sur une longueur d'environ 8 mètres. Pendant l'exploitation de ces couches, on mit à jour un palmier entier (*Sabal major*), long d'environ 6^m.50. Malheureusement, pendant mon absence, les ouvriers firent sauter la mollasse et le palmier fut détruit. On en possède heureusement un dessin et quelques feuilles.

En résumé, d'après mes recherches et celles de M. Paris, nous avons trouvé environ 50 espèces de plantes fossiles.

M. F.-A. Forel annonce la trouvaille d'un nouvel exemplaire du *Gordius aquaticus*, recueilli sur des filets à féra placés le 1^{er} mars 1887, par 200 m. de fond, devant St-Saphorin. Un autre exemplaire avait été pêché dans le lac, il y a quelques années, à St-Prex.

M. Forel fait un résumé des effets du tremblement de terre du 23 février en Suisse; il indique une longue série de secousses consécutives; il signale, pour la grande secousse, son caractère oscillatoire très prolongé, et l'arrêt d'un nombre considérable de pendules. Il profite de l'occasion pour réfuter les théories de R. Falb, le prophète des Trembleterre, et il montre le peu de fondement de la prédiction récente qu'il a publiée, de désastres prochains en Suisse.

M. Golliez, à l'occasion des terreurs causées aux hommes et aux animaux par les tremblements de terre, mentionne le fait que les éboulements de montagnes sont perçus à l'avance par les animaux avec une étonnante netteté; ils sont alors craintifs et inquiets.

M. le président présente, pour le Bulletin, un mémoire de M. A.-A. Odin, Dr ès mathématiques, de Zurich: *Des maxima et minima de la distance de deux points appartenant respectivement à deux courbes ou surfaces données.*

M. Odin, gravement malade, n'a pu présenter ce travail lui-même.

M. Cornu, prof., montre un relief des bassins du Léman et de Neuchâtel, fait par lui-même.

SÉANCE DU 20 AVRIL 1887.

Présidence de M. H. BLANC, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Delebecque, ingénieur, à Thonon, est proclamé membre de la Société.

M. le prof. E. RENEVIER dépose sur le bureau un certain nombre de brochures, dont quelques-unes hommage de sa part à la Société.

Communications scientifiques.

M. E. Guinand, architecte, communique qu'il a découvert en Valais, entre Sierre et Granges, l'emplacement d'un feu qui doit re-

monter, selon lui, à l'époque préhistorique, à cause du fait qu'il est recouvert d'une couche de sablon d'environ 1^m50. Ce feu, bien constaté, se trouve sur une moraine; M. Guinand fait passer des échantillons de roches noircies et de sablon mélangé de charbon.

M. le prof. RENEVIER pense que cette forte couche de sablon a été amenée là par les vents, comme il l'a vu lui-même en plusieurs endroits, entre autres au Follaterre.

M. Chuard, prof., communique quelques observations sur la composition et le mode de désagrégation des scories de déphosphoration de la fonte.

Ces scories, obtenues par l'application du procédé Thomas-Gilchrist aux fontes phosphoreuses, et employées actuellement comme engrais phosphatés, renferment de 7 à 20 % d'acide phosphorique. Elles sont fortement basiques; leur teneur en chaux varie de 36 à 45 %, et elles renferment en outre une proportion assez forte de magnésie. L'acide phosphorique y est en majeure partie combiné à la chaux.

Il résulte de recherches récentes que le phosphate de chaux des scories Thomas n'est pas le phosphate neutre, tricalcique, comme on le croyait d'abord, mais un phosphate tétra-calcique auquel conviendrait la formule $C_4P_2O_9$. Ce serait donc une nouvelle forme de combinaison de l'acide phosphorique, dans laquelle cet acide serait tétra-basique, et qu'on peut se représenter comme prenant naissance par action de la chaux en excès sur le pyrophosphate de calcium à la température élevée (2000°) à laquelle s'opère la déphosphoration.

De même que le phosphate di-calcique, le phosphate tétra-calcique des scories est soluble dans la liqueur citro-ammoniacale. Cette propriété le distingue du phosphate neutre et en fait probablement un composé plus facilement assimilable.

Des essais de synthèse du phosphate tétra-calcique, au moyen du phosphate neutre et de la chaux, ont donné des résultats négatifs. L'auteur se propose de les répéter, en partant du pyrophosphate de calcium.

M. le prof. Renevier, revenu récemment de Rome, décrit les incrustations calcaires qu'il a observées aux environs de Terni, au N. de Rome. Ces incrustations sphéroïdales sont souvent de grandeur considérable, soit plusieurs mètres de diamètre; les dépôts sont en couches concentriques, et font penser à une croissance annuelle. M. Renevier a trouvé aussi un banc d'incrustations pyso-lithiques; il mettra sous les yeux de la Société des échantillons divers qui, pour le moment, sont encore en route.

M. H. Dufour, prof., présente des glaces colorées étamées, qui offrent des images à couleurs complémentaires.

SÉANCE GÉNÉRALE EXTRAORDINAIRE DU 4 MAI 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la mort de M. *Bernard Studer*, de Berne, membre honoraire de notre Société; l'assemblée se lève en signe de deuil, et M. RENEVIER propose d'écrire, au nom de l'assemblée générale, une lettre de condoléance à la famille du défunt; cette proposition est adoptée.

L'ordre du jour amène une discussion sur le concordat présenté par M. Dutoit, lequel offre à ses créanciers le 20 o/o. Ensuite d'un vote à main levée, ce concordat est accepté.

Puis vient la question de la bibliothèque, exposée par M. Forel au nom du Comité. Elle donne naissance à une longue discussion, à laquelle prennent part plusieurs membres, entre autres MM. H. Dufour, Rapin, Mayor, Larguier. sur la question de droit; Rosset, Chuard, Guillemin, Blanc, de Sinner, Renevier. Les débats clos, la proposition de M. H. DUFOUR, qui propose d'ajourner toute décision jusqu'à ce que l'on soit fixé sur ce que l'on fera à propos du legs de Rumine, est adoptée.

Sur la protestation du Club alpin, demandant notre appui contre les usines de la chute du Rhin, M. SCHARDT propose de ne pas nous prononcer. — Adopté.

Communications scientifiques.

M. F.-A. Forel montre une photogravure et raconte l'histoire de l'aérolithe tombé à Mazapil (Mexique) le 27 novembre 1885, à 9 heures du soir, pendant l'apparition de l'essaim des météores de la comète de Biela. La chute de cette pierre apporte un argument important en faveur de la théorie qui réunit les étoiles filantes, les aérolithes et les comètes.

M. H. Dufour expose un appareil construit au laboratoire de physique, servant à enregistrer la vitesse du vent et ses huit directions.

M. F.-A. Forel présente son résumé annuel sur l'état des glaciers des Alpes en 1886.

Le rapport précédent citait 37 glaciers en état de crue. Il y a lieu de retrancher de cette liste les glaciers de Grindelwald inférieur et de Gorner, qui, d'après les dernières nouvelles, n'ont pas encore montré de signes évidents d'allongement.

Cinq glaciers nouveaux sont à ajouter à la liste des glaciers en crue manifeste, savoir : le glacier du Gabelhorn et le Moming (groupe du Weisshorn), le glacier des Petoudes (groupe du Mont-Blanc), le Renfenglletscher (groupe du Wetterhorn), le Weisssschienglletscher (groupe du Galenstock). Cela porte à 40 le nombre des glaciers actuellement en phase de crue.

Les prodromes qui annoncent d'avance une nouvelle période du glacier sont en outre signalés dans les glaciers du Gorner (Mont-Rose), du Montminé (Weisshorn), de Gauli (Wetterhorn), de Grindelwald inférieur (Finsteraarhorn), de Rosegg (Bernina), du Rhône (Galenstock).

SÉANCE DU 18 MAI 1887.

Présidence de M. H. BLANC, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté avec une modification dont il a été tenu compte.

Communications scientifiques.

M. le prof. **Favrat** présente une feuille et des morceaux de tige d'un *Arum* monstre, qu'il pense être l'*Arum dracunculus*, trouvé à Tessorata, dans le val Colla (Tessin). M. Favrat espère pouvoir montrer à la prochaine séance la spathe et le spadice.

M. le Dr prof. **H. Blanc** communique à la Société les dernières observations qu'il a pu faire cette année sur la *Gromia Brunnerii*, tout en rappelant en quelques mots ce qu'est cet intéressant Foraminifère du fond du lac. Il insiste sur le fait que cette Gromie, comme la *Gromie oviforme* marine, se présente sous différents aspects, différentes variétés. Tandis que les Gromies trouvées l'année dernière devant Ouchy, à 120 mètres de profondeur, possédaient toutes une coque jaunâtre lisse, M. Blanc en a trouvé ce printemps dont la coque était entièrement recouverte de limon, lui donnant ainsi une forme irrégulière; d'autres Gromies, pêchées devant le port de Morges, avaient au contraire leur coque épaissie par des fragments microscopiques de quartz agglutinés ensemble. Quant au mode de reproduction de ce Foraminifère, l'auteur de la communication n'a pu encore le déterminer d'une façon précise; cependant, de petits noyaux existant chez quelques exemplaires, à côté du gros noyau sphérique unique, l'engagent à supposer que ce Foraminifère peut se multiplier par division de son noyau, sans accollement préalable avec un autre individu.

M. le colonel **Guillemin** résume ses travaux sur une nouvelle méthode pour mesurer de faibles résistances d'une pile. (*Voir aux mémoires.*)

SÉANCE DU 1^{er} JUIN 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce les lettres d'invitation pour l'assemblée générale du 15 courant.

Communications scientifiques.

M. F.-A. Forel signale l'apparition de la même épizootie meurtrière qui a sévi au mois de mai 1886 sur les brochets du lac Léman (Bull. XXII, p. xxxvi). La mortalité, qui ne frappe du reste qu'une seule espèce de poisson, a été constatée à Morges, Rolle, à la pointe de Promenthoux, à la Belotte, dans le port de Genève.

M. le prof. Schnetzler fait circuler un exemplaire de *Cardamina trifolia*, signalée il y a quelque années par Mme Ward, et découverte cette année en quantité considérable par M. Pittier, dans un bois près de Rossinières.

M. Schnetzler décrit ensuite deux insectes nuisibles à l'agriculture : un petit coléoptère, *Lema asparagi*, qui ronge les pousses d'asperges, et une mouche, *Bibio hortulanus*. Un moyen pratique de les détruire, ce sont les poules, qui en sont très friandes.

M. le Dr Schardt présente les coquilles de trois *Unio batavus*, trouvés vivants dans le lac Léman, à Villeneuve, parmi les nombreuses Anodontes qui pullulent sur le fond vaseux, entre l'embouchure de l'Eau-Froide et celle du Grand-Canal. L'*Unio batavus* n'a pas encore été constaté comme *habitant normal* de notre lac. Dans les rares citations qui en ont été faites, sa présence peut être attribuée à des accidents ; tel l'échantillon unique trouvé par M. Brot devant les Pâquis, à Genève, et celui cité par M. de Mortillet à l'embouchure du Vengeron. M. Forel a trouvé des coquilles de ce mollusque sur la grève du lac, près de Morges, et M. Lugeon à St-Sulpice. M. Charbonnier, instituteur, à Nyon, a trouvé des coquilles, avec restes de l'animal, abandonnées par les corbeaux sur la grève du lac près de Nyon. Il n'est pas possible de dire s'il s'agit d'animaux égarés ou amenés par les oiseaux des fossés et ruisseaux des environs, où l'*Unio* abonde, pendant qu'il manque généralement dans le lac. Les trois individus de Villeneuve sont, sauf un, en bon état et adultes, et ne peuvent guère, ni être venus par l'Eau-Froide, ni avoir été transportés par des oiseaux qui les auraient perdus au vol. Ce sont peut-être les derniers survivants de l'espèce en voie de s'éteindre dans le lac, car il est certain que l'*Unio batavus* était très fréquent à une époque qui n'est pas très éloignée, à en juger par la présence de ses valves à l'état subfossile dans les limons de certains endroits de la rive, et dans les anciens sédiments lacustres reposant sur les dépôts glaciaires à la hauteur de 2 à 5 mètres au-dessus du niveau du lac.

M. F.-A. Forel a étudié, en 1886, le Rhône du Valais, pour en comparer les eaux à celles du lac Léman, et arriver ainsi à la théorie des ravins sous-lacustres des fleuves glaciaires, découverts par M. J. Hörnlimann, à l'embouchure du Rhin dans le lac de Constance, 1883, et du Rhône dans le lac Léman, 1885.

Il a, pendant toute l'année 1886, obtenu des gendarmes du poste vaudois du pont de St-Maurice, des observations thermométriques régulières de l'eau du Rhône. Jusqu'au 16 mars, la température du Rhône est restée inférieure à 4°; elle s'est élevée au-dessus de ce

chiffre du 17 mars au 19 novembre, puis elle est redescendue au-dessous jusqu'à la fin de l'année. Pendant tout l'été, elle a varié entre 9° et 12° $\frac{1}{2}$. Le maximum a été par 12° 7, le 21 mai.

M. Forel a ensuite reçu de M. le chanoine Besse, de St-Maurice, 15 échantillons d'eau puisée dans le Rhône à époques également espacées : il les a soumis à l'analyse de M. B. Buenzod, pharmacien, à Morges, qui en a déterminé la teneur en matières dissoutes et en matières en suspension. Le maximum de charge a été dans l'échantillon du 6 juillet, qui contenait, par litre d'eau, 24 centigrammes de sels dissous et 2.25 grammes d'alluvion.

M. Forel expose ensuite les expériences et calculs qui lui prouvent qu'il est licite de déterminer la densité relative de deux eaux en présence, en faisant intervenir d'une part leur température relative, d'une autre part leur charge en matières dissoutes et suspendues.

Il établit enfin le tableau des densités de l'eau du Rhône et montre que, dans la plus grande partie de l'année, et spécialement dans les mois du printemps et de l'été, l'eau du Rhône est non-seulement plus dense que les eaux de surface du Léman, ce qui est connu depuis longtemps, mais même que les eaux des plus grands fonds. Par conséquent, l'eau du Rhône, à son arrivée dans le lac, doit suivre le talus du cône d'alluvion submergé, en s'écoulant jusqu'aux plus grandes profondeurs du lac par la ligne de plus grande pente. Pendant cette descente, le Rhône doit déposer de chaque côté de son cours l'alluvion dont il est chargé, et se bâtir les digues qui limitent de chaque côté le ravin sous-lacustre.

L'établissement du ravin sous-lacustre est en conséquence de cela un fait d'alluvion. (*Voir aux mémoires.*)

M. **Jean Dufour** montre un fragment de treille fissurée dans toute sa longueur. Il explique le phénomène par la contraction causée par le froid.

M. Jean Dufour mentionne aussi une quantité de ceps qui meurent cette année, et attribue cette nouvelle calamité de nos vignes à l'action épuisante du mildiou l'an passé.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 15 JUIN 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté, après modification.

M. le président lit son rapport sur la marche de la Société en 1886-1887. (*Voir au Bulletin.*)

M. GOLLIEZ présente le rapport de la Commission de vérification des comptes et de la bibliothèque.

Avec l'approbation des comptes, il est donné décharge aux commissaires-vérificateurs, et l'assemblée vote à ces derniers des remerciements, ainsi qu'à M. Pelet, qui a bien voulu débrouiller les affaires financières de la Société. (*Voir au Bulletin.*)

L'ordre du jour appelle la nomination de deux membres honoraires, en remplacement de MM. *B. Studer* et *Wartmann*.

A l'unanimité, M. *Théophile Studer*, de Berne, professeur zoologiste, à Berne, présenté par MM. Forel et Blanc, et M. *Alfred Cornut*, physicien, de Paris, présenté par le Comité, sont nommés membres honoraires.

M. *Chuard*, prof., se fait annoncer comme désirant faire partie de la Société helvétique des Sciences naturelles.

Communications scientifiques.

M. **Eugène Piccard**, étudiant, montre les pieds de devant d'un cochon ayant cinq doigts. (*Voir aux mémoires.*)

M. le prof. **Schnetzler** expose les différents modes de reproduction de la mousse sous-lacustre d'Yvoire. (*Voir aux mémoires.*)

M. **Renévier**, prof., présente les échantillons d'incrustations modernes de Terni (Ombrie), dont il a parlé dans une des dernières séances.

Ces incrustations, qui se forment encore actuellement avec une très grande rapidité dans le cours de la Nera, en aval des fameuses cascades de la Marmore, forment un placage irrégulier sur les flancs de la vallée, qui date sans doute de l'époque pliocène. Là, on peut voir sur le bord de la route, et entamés par la construction de celle-ci, d'énormes *sphéroïdes* de deux ou trois mètres de rayon, formés d'incrustations concentriques plus ou moins cristallines. Les couches concentriques n'ont pas partout la même texture, ni la même couleur, mais ces variations se reproduisent régulièrement par zones, d'égale épaisseur dans la même sphéroïde, qui décèlent le mode de formation de l'*Albâtre zoné*. Ces zones sont beaucoup plus larges, jusqu'à 2 cm., dans le voisinage de la cascade, et deviennent de plus en plus étroites et serrées à mesure qu'on s'en éloigne en descendant la vallée de la Nera, et qu'on s'avance contre Terni; elles présentent tout à fait le caractère de couches annuelles. La matière calcaire en dissolution paraît provenir de la rivière du Velino, qui forme les cascades en se jetant dans la Nera. Les larges zones blanches doivent provenir de l'incrustation abondante et rapide à l'époque de crues du Velino; les bandes brunes minces qui les séparent représentent sans doute le temps des basses eaux, où l'incrustation est faible et fortement mêlée d'impuretés. A mesure qu'on s'éloigne du pied des cascades, les zones blanches deviennent plus étroites, parce que la matière incrustante diminue, et les bandes brunes sont serrées les unes contre les autres, comme le montrent les échantillons présentés. D'autres échantillons montrent divers autres effets d'incrustation :

a) Des *tufs calcaires* plus ou moins spongieux et parfois très délicats.

b) Des *pisolis* à couches concentriques, de quelques millimètres, jusqu'à un ou deux centimètres de diamètre, et dont quelques-uns ne sont que des cailloux roulés, enveloppés d'incrustation calcaire plus ou moins épaisse.

c/ Une *brèche* compacte, très dure, à fragments calcaires de diverses couleurs, reliés par l'incrustation. Cette brèche est assez solide pour être exploitée comme pierre de construction. Il est probable qu'une partie des belles brèches qu'on trouve dans les monuments antiques de Rome sont de même nature et de formation relativement récente.

M. **Renewier** parle en outre de la découverte faite, en 1880, aux environs de Brescia (Lombardie), par M. G. Ragazzoni, de squelettes humains enfouis dans un terrain d'âge pliocène. Il présente divers *fac-similes* de ces ossements, entre autres un crâne et une mâchoire, qui seront conservés dans les vitrines du Musée géologique de Lausanne. Ces ossements ont été trouvés dans une couche d'argile bleu verdâtre [*argilla azzurra*], remplie de coquilles marines et de polypiers, qui paraissent être d'âge pliocène, dans la colline de Castenedolo, à 10 kilomètres au S.-E. de Brescia. La stratification paraît parfaitement régulière. Au-dessus du banc d'argile se trouvent les *sables jaunes* de l'âge d'Asti, puis un banc épais de *conglomérat plistocène* (Coppo), puis divers dépôts erratiques et modernes. Les ossements ont été trouvés dans une exploitation toute moderne, à deux mètres de profondeur, à la base de l'argile pliocène fossilifère, qui repose sur un banc madréporique. Ils étaient disséminés et mêlés aux coquilles marines, comme des débris de squelettes flottés et macérés. Dans l'intérieur d'un crâne, on a trouvé des polypiers cimentés par l'argile verte. On a reconnu des débris ayant appartenu à plusieurs squelettes d'adultes et d'enfants.

Aucune supercherie d'ouvriers n'est possible, M. le professeur Ragazzoni ayant fait creuser sous ses yeux, pour extraire ces ossements. Vu les circonstances du gisement, il estime d'ailleurs que cela ne peut point provenir d'une sépulture.

Nous aurions donc là la preuve de l'existence de l'homme dans le nord de l'Italie à l'époque du *Pliocène ancien*!

M. le Dr **H. Blanc**, chargé par le Département d'étudier la maladie des brochets, a constaté qu'elle était causée par deux champignons, et que l'animal mourait par asphyxie. (*Voir aux mémoires.*)

M. **C. Dapples**. Sur un sujet de géométrie descriptive. Avec un appareil très simple, de son invention, il arrive à tracer un paysage, chaque point ayant sa place exacte.

M. le Dr **Bugnion**. Veau monstrueux. (*Voir aux mémoires.*)

SÉANCE DU 6 JUILLET 1887,

à l'Académie.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président présente à l'assemblée M. *Clèves*, professeur de chimie, à Upsal. Il lit ensuite les lettres de remerciements de

MM. Cornut et Studer, auxquels ont été envoyés les diplômes de membres honoraires.

M. le président lit aussi une lettre de M. F.-A. Forel, accompagnant un don de 200 fr. en souvenir de son père, M. le président F. Forel, de Morges, membre de la Société vaudoise des Sciences naturelles. L'assemblée se lève en signe de reconnaissance, et les 200 fr. seront inscrits sur les livres de la Société, au fonds capital, avec leur provenance.

Communications scientifiques.

M. le Dr **H. Blanc** montre à la Société un caméléon vivant, et fait voir les changements de couleur qu'il subit en le transportant d'un lieu sombre à la lumière.

M. le professeur **Schnetzler** entretient la Société sur une infection d'une larve de grenouille par *Saprolegnia ferax*.

Dans un bocal contenant deux litres d'eau dont l'oxygène se renouvelle continuellement par des plantes aquatiques, se trouvaient deux larves de grenouilles qui, depuis l'année passée, n'ont pas subi leur transformation. Cependant, les branchies avaient disparu, et elles venaient respirer l'air en montant à la surface de l'eau. Néanmoins, ces larves étaient très vives, et leurs déjections prouvaient que la nutrition s'opérait d'une manière normale. Comme le volume d'eau et la quantité de nourriture ont une influence très marquée sur le développement des larves de grenouilles, j'en sortis une du premier bocal et je la plaçai dans un second bocal avec des plantes aquatiques. Le verre des deux bocaux était du verre blanc ordinaire.

Les deux larves restaient très vives, sans se métamorphoser, lorsque, à la fin du mois de juin, une mouche (*Sarcophaga canaria*) fut placée dans le premier bocal. Après sa mort, son cadavre se couvrit de filaments blancs de *Saprolegnia ferax*. La larve de grenouille, toujours très vive jusqu'à ce moment, ralentit bientôt ses mouvements. Son corps se couvrit rapidement de filaments de *Saprolegnia*, et deux jours après cette infection, elle était morte. L'examen microscopique du *Saprolegnia ferax* qui couvrit le corps de la mouche me fit voir que le protoplasma de ses filaments se transformait en millions de zoospores qui, à l'aide de leurs deux cils vibratiles, se répandaient rapidement dans l'eau. Comme ces zoospores naissent et se répandent ainsi dans l'eau, un seul cadavre de mouche peut devenir un foyer d'infection pour un grand nombre d'animaux aquatiques (poissons, tritons, etc.). Comme toute la surface du corps de notre larve de grenouille s'était couverte de *Saprolegnia*, la mort a dû être produite par la suppression de l'activité de la peau. La seconde larve, séparée dans un autre bocal avant l'introduction de la mouche, se porte parfaitement bien.

M. F.-A. Forel décrit des faits de tassement qui se sont produits pendant la construction du quai Lochmann, à Morges, dans les jardins situés en arrière du quai, jardins dont le terrain était assis depuis des siècles. Une bande de terrain de 5 à 10 m. de largeur a subi dans un jardin, sous l'action de surcharge du remblai du quai,

un mouvement de bascule indiqué par des fissures dans les murs de séparation perpendiculaires à la ligne du rivage.

M. **Forel** expose des photographies et des photogravures, soit des stries de fusion du grain du glacier, soit des témies de glace de la grotte d'Arolla, obtenues d'après des moulages en plâtre. Les détails de structure y sont plus apparents que sur la glace même.

M. **Forel** expose une photographie d'un nouveau crâne macrocéphale trouvé dans l'ancien cimetière de St-Prex, près Morges. Cette belle pièce anatomique, la troisième de ce type trouvée dans le même cimetière, appartient à M. le président Colomb, à St-Prex.

M. **Forel** décrit les modifications qu'il a apportées à sa méthode d'étude de la pénétration de la lumière dans le lac par les procédés de la photographie, en superposant une série de six appareils sur la même ligne de sonde. Il a confirmé par de nouvelles recherches, dont il expose les préparations, les résultats obtenus par lui en 1873-1874. Il a trouvé la limite d'obscurité absolue pour le chlorure d'argent, à 3 1/2 kilomètres devant Morges :

Le 9 mars, par 100 m. de profondeur.

Le 11 mai, » 75 m. »

Le 5 juillet, » 45 m. »

M. le prof. **Bugnion** fait circuler des larves d'*Eristalis* (Diptère) trouvées dans une mare au bord du lac, et caractérisées par la longueur insolite de leur filament caudal. Cet appendice, qui porte les stigmates terminaux, peut s'étirer chez cette espèce jusqu'à une longueur de 6 à 7 cent., et permet à l'animal de respirer à la surface de l'eau, tandis qu'il est lui-même caché dans la vase ou le gravier. Très contractile (on y voit deux longs rubans musculaires striés cheminer à côté des troncs trachéens), la larve le retire au moindre attouchement et même au plus léger mouvement de l'eau. Le *ver à queue de rat*, larve de l'*E. tenax*, possède un appendice analogue, mais plus court.

M. le Dr **Larguier** prend la parole en ces termes :

Avant de suspendre nos séances jusqu'à l'hiver prochain, j'ai pensé qu'il était convenable que vous fussiez conviés les premiers à visiter la collection d'oiseaux dont la coopération de la Société et d'un grand nombre d'entre vous a contribué à enrichir le Musée cantonal.

Vous vous souvenez que, dans la séance du 16 décembre 1885, je vous entretenais de la collection de feu M. A. Vouga, de Cortaillod. Les héritiers de ce dernier étaient disposés à se défaire de l'œuvre paternelle, au prix relativement modique de 12,000 fr., à la condition qu'elle restât entière et en Suisse. J'attirai également l'attention de M. le chef du Département de l'instruction publique sur le grand intérêt que présentait pour nous cette acquisition; il voulut bien me donner l'assurance que l'Etat y contribuerait dans la mesure de ses ressources. Pour suppléer à leur insuffisance, la Commission des Musées et la Société vaudoise des Sciences naturelles prirent l'initiative d'une souscription publique dont le résultat a dépassé toute attente. Cent-vingt et un souscripteurs, dont un tableau placé dans une des salles du musée conservera les noms, ont contribué

pour une somme de 8,100 francs à cet achat. Les frais de souscription, d'emballage, de transport et de mise en état de la collection se sont montés à 876 fr. Les 4,776 fr. non couverts par les souscripteurs seront payés au moyen de petites annuités prélevées sur le budget habituel du musée zoologique.

La collection Vouga arriva à Lausanne au mois de mars 1886. Les salles où elle a été installée n'ont été prêtes qu'à la fin de l'année, aussi l'aménagement en a-t-il été quelque peu retardé. D'ailleurs la mise en état de près de 1300 oiseaux, leur arrangement sur des supports uniformes, une nouvelle classification mieux en rapport avec la science actuelle, tout cela constituait un travail de longue haleine. Le peu de temps dont je dispose, ainsi que d'autres circonstances imprévues, ne m'ont pas permis de l'amener à chef aussi vite que je l'eusse désiré.

Outre quelques peaux, un certain nombre d'œufs et plus de 200 exotiques, la collection Vouga comprend 1099 oiseaux représentant, à peu d'exceptions près, toutes les espèces européennes. Elles y figurent en général par des exemplaires d'âge, de sexe et de livrée différentes. Plusieurs spécimens sont intéressants par leur rareté absolue, d'autres par leur rareté en Suisse, où ils ont cependant été capturés.

La visite des salles sera plus instructive qu'une longue énumération. Je tiens cependant à mentionner quelques sujets particulièrement dignes de votre attention :

Une femelle adulte de *Gypaëtus barbatus*, tuée à Zermatt en 1839; un mâle d'*Haliaëtus leucocephalus*, provenant de Waltern, aux Hébrides. Cet oiseau, que les Etats-Unis d'Amérique ont choisi pour emblème, ne fait en Europe que de fort rares apparitions. Une belle série de *Hierofalco candicans* et variétés. Une *Uthula lapponica*. Un *Bubo scandiacus*. Des bouvreuils des régions boréales. Une série intéressante de merles orientaux. Le *Corvus dauricus*. Le *Garrulus Krynicki*. Une belle paire d'*Ectopistes migratorius*, d'Angleterre. Une paire de *Tetrao gallus caspius*. La *Terekia cinerea*, tuée au bord du lac de Neuchâtel. Une *Grus leucogeranus*. Un *Phœnicopterus roseus*, capturé en Suisse. Les *Larus marinus*, *gelastes* et *sabinei*. L'*Anser hyperboreus*. Les *Querquedula formosa* et *angustirostris*. La non moins rare *Eniconatta Stelleri* et l'*Erimistura leucocephala*. Un exemplaire, unique à ma connaissance, variété albinos du *Podiceps cristatus*, provenant du lac de Morat. Enfin, un magnifique spécimen de l'*Alca impennis*, espèce aujourd'hui éteinte et dont il n'existe qu'un petit nombre d'exemplaires disséminés dans les meilleures galeries; avant son extinction totale, ce grand pingouin habitait les côtes de l'Islande et de Terre-Neuve; la valeur marchande de cette intéressante espèce représente à elle seule plus de la moitié du prix d'achat de la collection entière¹.

Vous pourrez également voir au Musée une belle série de poissons conservés dans l'alcool et recueillis par notre collègue M. Goll, au cours d'un voyage qu'il a fait ce printemps en Orient. Cette collection renferme 106 espèces de l'Adriatique, de la mer Rouge et du Fayoum. En l'offrant au Musée cantonal, M. Goll a donné une fois de plus la preuve du grand intérêt qu'il prend à son développement.

¹ Le Musée cantonal possède également l'œuf, le crâne et quelques os de cet oiseau.

Pour terminer, je mentionne une acquisition que j'ai eu la chance de faire en juillet passé, à Saas-Fée. C'est un magnifique exemplaire et peut-être le dernier représentant en Suisse du *Gypaète barbu* ou *Lämmergeier*. Cet oiseau, que vous admirerez tout à l'heure, était connu depuis plus de 25 ans des habitants du Balschiederthal, au pied du Bietschhorn, et a été trouvé empoisonné aux environs de Viège. Il est remarquable par ses grandes dimensions et par sa livrée, à laquelle l'âge a apporté de frappantes modifications. Les parties inférieures et latérales sont devenues presque blanches, et les rectrices et rémiges sont d'un gris d'argent beaucoup plus pâle que chez l'oiseau adulte¹.

¹ D'après une lettre que je reçois (15 février 1888) de M. le Dr Girtanner, le savant monographe du *Gypaète*, l'aire de cet oiseau, une femelle, se trouve sur le flanc occidental du Höhleifen, massif dépendant du Bietschhorn. M. E. de Fellenberg a raconté dans l'Annuaire du S. A. C. (année 1878-79) la dernière tentative faite, il a près de trente ans, pour s'emparer de ce nid et de ses habitants.

Dr L.



LIVRES REÇUS

du 4 novembre 1886 au 3 novembre 1887.

I. Echanges.

(Pendant la période ci-dessus, quand le titre des publications est suivi de chiffres.)

Allemagne.

- BERLIN. Deutsch. geolog. Gesellschaft. Zeitschrift, XXXVIII, 3-4; XXXIX, 1. Katalog.
— Physikal. Gesellsch. Fortschritte der Physik, XXXV, 1-3; XXXVII, 3. Verhandlungen, 1886.
— Königl. preuss. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte, 1886, 40-53; 1887, 1-18.
— Königl. preuss. meteorol. Institut. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Deutschland. Jahrg. 1885.
— Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg. Verhandlungen, XXVII, XXVIII.
BONN. Naturhist. Verein der preuss. Rheinlande. Verhandlungen XLIII, 2; XLIV, 1.
BRAUNSCHWEIG. Verein für Naturwissensch. Jahresbericht.
BREMEN. Naturwiss. Verein. Abhandlung, IX, 4.
CARLSRUHE. Naturwiss. Verein. Verhandlungen.
CASSEL. Verein für Naturkunde. Berichte.
CHEMNITZ. Naturw. Gesellsch. Bericht, 9.
COLMAR. Soc. d'hist. natur. Bulletin.
DARMSTADT. Verein für Erdkunde. Notizblatt, VII.
DRESDEN. Naturwiss. Gesellsch. Isis. Sitzungs-Berichte, 1886.
DÜRCKEIM. Pollichia. Naturw. Ver. der baier. Pfalz. Jahresber.
ELBERFELD. Naturwiss. Verein. Jahresberichte, 7.
ERLANGEN. Physik.-Medicin. Societät. Sitzungsberichte, 18tes Heft.
FRANKFURT a. M. Senckenberg. naturf. Gesellsch. Bericht, 1887.
FREIBURG i. B. Naturf. Gesellsch. Berichte, I, 1886.
GIESSEN. Oberhessische Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. Berichte, 25.
GREIFSWALD. Naturw. Verein von Neu-Vorpommern und Rügen. Mittheilungen, Jahrg. 18.
— Geograph. Gesellsch. Jahresbericht, II, 2.

- HALLE. Naturw. Verein für Sachsen und Thuringen. Zeitschrift LIX, 4-6; LX, 1-2.
 — Verein für Erdkunde. Mittheilungen, 1886.
- HAMBURG. Verein für naturw. Unterhaltung. Verhandlungen. Jahresfeier, VI.
 — Naturhistorisches Museum. Bericht, 1885.
 — Deutsche Seewarte. Meteorologische Beobachtungen, Jahrg. VII, VIII. Monatliche Uebersicht der Witterung, 1886, 1-12. Monatsbericht, 1887, 1-5.
- HANAU. Wetterauische Gesellsch. für Naturk. Jahreshb., 1885-87.
- HANNOVER. Naturh. Gesellsch. Jahresbericht.
- HEIDELBERG. Naturh.-medizin. Gesellsch. Verhandlungen.
- KIEL. Naturw. Verein für Schleswig-Holstein. Schriften.
- KÖNIGSBERG. Physik.-ökonom. Gesellsch. Schriften, XXVII.
- LANDSHUT. Botanischer Verein. Bericht X.
- LEIPZIG. Naturf. Gesellsch. Sitzungsberichte.
 — Verein für Erdkunde. Mittheilungen.
 — Wiedemann, G. u. E. Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie, 1886; 10-12; 1887, 1-9.
 — Carus. Zoologischer Anzeiger, 237-240; 242-251; 253-263.
- MAGDEBURG. Naturwissensch. Verein. Jahresbericht und Abhandlungen, 1886.
- MANNHEIM. Verein für Naturkunde. Jahresbericht.
- MULHOUSE. Société industrielle. Bulletin, 1886, oct.-déc.; 1887, janv.-août.
- MÜNCHEN. Königl. bayer. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte, Math.-Physik. Cl. 1886, 2-3; 1887, 1.
- MÜNSTER. Westfälischer-provinzial Verein. Jahresbericht.
 — Zoologische Section des W.-prov. Ver. Jahresber.
- OFFENBACH. Verein für Naturkunde. Berichte.
- OSNABRÜCK. Naturwiss. Verein. Jahres-Berichte.
- REGENSBURG. Naturwiss. Verein. Korrespondenzblatt, 40.
- STRASBOURG. Soc. des sc. agric. et arts de la Basse-Alsace. Bulletin mensuel 1886, nov.-déc.; 1887, janv.-juill. [1882, 1er fasc.; 1883, juill.; 1885, juill.]
- STUTTGART. Verein für vaterländische Naturk. Jahreshefte, 43.
- WIESBADEN. Verein für Naturk. Jahrbücher.
- WÜRZBURG. Physik.-medizin. Gesellsch. Zeitschrift, XX; Sitzungsberichte, 1886.
- ZWICKAU. Verein für Naturk. Jahresbericht.

Autriche.

- BRÜNN. Naturforsch. Verein. Verhandlungen, XXIV, 1-2.
- BUDAPEST. Musée national de Hongrie. Revue, X, 4; XI, 1. Vezetek, 1877-86.
 — Ungarisch-geolog. Anstalt. Mittheilungen, VII, 6; VIII, 4, 5. Bulletin, XVI, 7-12; XVII, 1-6.

- GRÆZ. Verein der Ärzte. Mittheilungen, XXIII.
 — Naturwissensch. Verein. Mittheilungen.
 INNSBRUCK. Natur.-mediz. Verein. Berichte.
 KLAGENFURT. Naturhist. Landes-Museum. Jahrbuch, VI, VII, Bericht 1883, 1884. Diagramme der magnet. und meteorol. Beobachtungen 1882-83; 1883-84.
 PRESBURG. Verein für Naturk. Verhandlungen.
 TRIESTE. Societa adriatica di sc. naturali. Bollettino.
 — Museo civico di storia naturale. Atti.
 WIEN. K. k. geolog. Reichsanstalt. Jahrbuch., XXXVI, 4; XXXVII, 1. Verhandlungen, 1886, 6-12, 16-18; 1887, 1-8.
 — K. k. geograph. Gesellsch. Mittheilungen, XXIX.
 — Oesterreich. Gesellsch. für Meteorologie und deutsche meteor. Gesellsch. Meteorologische Zeitschrift, 1886, Oct.-Dez.; 1887, Jan.-Oct.
 — Zoolog.-botan. Gesellsch. Verhandl., XXXVI, 3-4; XXXVII, 1-2.
 — Verein zur Verbreitung naturw. Kenntnisse. Schriften XXVII.

Belgique.

- BRUXELLES. Académie royale. Bulletin 9-12. — Annuaire, 1886-1887. — Mémoires, in-4. 46 Mém. couronnés et des savants étrangers, XLVII-XLVIII. — Mém. cour. et autres mém., in-8, 37-39. — Bibliographie académique. Catalog. 1, 2.
 — Observatoire royal. Annales astr.
 — Société malacologique, Annales, XX, XXI. Procès-verbaux, 1886, p. 97-144; 1887, janv.-juin.
 — Soc. entomologique. Annales, XXX. Procès-verbaux.
 — Soc. royale de botanique. Bulletin, XXV, 2; XXVI, 1.
 — Soc. géologique. Annales.
 — Soc. belge de microscopie. Procès-verbaux, XIII, 6, 8, 11. Annales.
 LUXEMBOURG. Institut royal grand-ducal. Publications, XX.
 — Société de botanique. Recueil des mémoires, XI.

Empire britannique.

- ADELAÏDE. Royal society of South Australia. Transactions and Proceedings, IX.
 BELFAST. Natur. hist. and philosoph. society. Proceedings, 1885-86.
 BRISTOL. Naturalist's society. Proceedings, V, 2. — List, index.
 CALCUTTA. Geological Survey of India. Palæontologia indica, sér. 10, IV, 2; sér. 12, IV, 2; sér. 13, I, 6; sér. 14, I, 3, fasc. 6. Title I. Mémoires, in-8. Records, XIX, 4; XX, 1-2. Catalog of the remains : a/ of Siwalik vertebrata : I mammalia; II aves, reptilia and pisces; b/ of pleistocène and prehistoric vertebrata.
 DUBLIN. Royal geological society of Ireland. Journal, VIII, 1.
 — Royal Irish Acad. Transactions. XXVII, 6-8; XXVIII, 14-25. (XXIV, p. 83-118; 421 à 432; Antiq., p. 1-118; XXVIII, p. 21 à 30). Proceedings pol. lit. II, 5-7; science, IV, 1-4. Cunningham Memoirs II-III. Irish lexicography.

- DUBLIN. Royal society. Scient. Proceedings, V, 3-6. Scient. Transactions, III, 11-13.
 — University biological Association. Proceedings.
- EDINBURGH. Geolog. society. — Transactions, V, 2-3.
 — Royal society. Proceedings.
- KEW. Observatory. Report.
- LONDON. Royal microscop. society. Journal, ser. 2; VI, 6, 6a; 1887, 1-5.
 — Geological society. Quarterly Journal, 168-171.
 — Linnean society. Journal. Zoology, 109-113; Botany, 138-144, 150; Proceed. List.
 — Royal society. Proceedings, 247-254, 256-258.
 — Carrington, J.-T. The entomologist, 283-294.
 — Zoological society. Proceedings, 1886, 3-4; 1887, 1-2.
 — Whitaker, W. Geological Record.
- MANCHESTER. Geological society. Transactions, XIX, 1-10.
 — Literary and philosophical Society. — Proceedings. — Mem.
- MONTREAL. Royal Society of Canada. Proceedings and Transactions, III, IV.
- OTTAWA. Geological and natur. History Survey of Canada. Rapport annuel N. s. I. Lake of the Woods. Maps.
- SIDNEY. Royal society of New-South Wales. Transactions and Proceedings, XIX.
 — Australian Museum. Annual Report, 1886.

Danemark.

- COPENHAGUE. Académie royale. Bulletin, 1886, 2-3; 1887, 1.

France.

- ABBEVILLE. Société d'émulation. Bulletins, Mémoires, Bulletin des procès-verbaux.
- ALGER. Association scientifique algérienne. Bulletin.
 — Soc. algérienne de climatologie. Bulletin.
- AMIENS. Société linnéenne du Nord de la France. Bulletin, 139-174. Mémoires, VI, VII.
- ANNECY. Soc. florimontane. Revue savoisienne, 1886, 11-12; 1887, 1-10.
- ANGERS. Société d'études scientifiques. Bulletin, suppl. à 1884; 1885.
 — Acad. des sc. et belles-lettres. Mémoires.
- AUXERRE. Soc. des sc. histor. et natur. de l'Yonne. Bulletin, 40, 1-2.
- BESANÇON. Soc. d'émul. du Doubs. Mémoires, X.
- BÉZIERS. Soc. d'étude des sc. natur. Bulletin.
- BORDEAUX. Soc. des sc. hist. et natur. Mémoires.
 — Soc. linnéenne. Actes, XXXIX.
- CAEN. Soc. linnéenne de Normandie. Bulletin.
- CHAMBERY. Acad. des sciences. Mémoires; documents.
 — Société d'histoire naturelle de Savoie, 1885.
- CHERBOURG. Soc. des sc. natur. Mémoires.
- DAX. Société de Borda. Bulletin, 1886, 4; 1887, 1-3.
- DIJON. Académie. Mémoires.

- LA ROCHELLE. Société des sciences naturelles de la Charente inférieure. Annales, 1885.
- LE MANS. Soc. d'agric. et des arts de la Sarthe. Bulletin, XXX, 4; XXXI, 1.
- LILLE. Soc. géologique du Nord. Annales, XIII.
— Société des sciences, de l'agriculture et des arts. Mémoires (ne nous parviennent pas depuis 1880).
- LYON. Acad. des sc., bell.-lett. et arts. Mémoires; Sciences; Lettres.
— Soc. d'agricult., d'hist. natur. et des arts utiles. Annales.
— Lyon scientifique et industriel, 1886, 9-12; 1887, 1-7.
- MONTPELLIER. Revue des sc. naturelles.
- MARSEILLE. Société de statistique. Répertoire des travaux.
— Société scientifique industrielle. Bulletin, 1885, 1; 1886, 2-4; Procès-verbaux.
- NANCY. Académie de Stanislas. Mémoires, III.
— Société des sciences. Bulletin, VIII, 19.
- NIMES. Soc. d'étude des sc. natur. Bulletin, 1886, 4-12.
- PARIS. Société zoologique. Bulletin, 1886, 4-6; 1887, 1.
— Académie des sciences. Comptes-rendus, CIII, 10-26; CIV; CV, 1-17. Tables.
— Soc. des ingénieurs civils. Mém., 1886, 8-12; 1887, 1-7.
— Soc. géol. de France. Bulletin, XIV, 5-8; XV, 1-3. Mémoires, IV, 2.
— Institut national agronomique. Annales.
— Société minéralogique. Bulletin, IX, 8; X, 1-6.
— Jeunes naturalistes. Feuille, 194-205; Catalogue, I.
— Soc. d'anthropologie. Bulletin, IX, 4; X, 1-5.
— Huberson. Brebissonia.
— Ecole polytechnique. Journal.
— Soc. française de physique. Séances, 1886, janv.-déc. — 1887, janv.-avril. — Mémoires relatifs à la physique, III.
- PERPIGNAN. Soc. des Pyrénées orientales.
- REIMS. Soc. d'hist. natur. Bulletin. Proc.-verb.
- SEMUR. Soc. des sc. histor. et natur. Bulletin, 2^e sér. II.
- TOULOUSE. Soc. d'hist. natur. Bulletin, 1885, oct.-déc.; 1886, 1-4.

Hollande.

- AMSTERDAM. Acad. roy. des sc. Verslagen en Mededeelingen. Naturk., II; Letterk., III. Proc.-verb., Jaarboek, 1885.
— Société royale de zoologie. Tijdschrift.
- BATAVIA. Magnetical and meteorological observatory.
- HARLEM. Musée Teyler. Archives, sér. II, 4. Catalogue, 3-4.
— Soc. hollandaise des sc. Archives, XXI, 2-5; XXII, 1.
- UTRECHT. Institut météorol. des Pays-Bas. Jaarboek, 1878, 2; 1886.

Italie.

- CATANE. Accademia Gioenia di sc. natur. Atti, XIX.
- MILAN. Reale istituto lombardo. Rendiconti, XVIII, XIX. Memorie, XV, 3; XVI, 1.
— Soc. italiana di sc. natur. Atti, XXIX, 1-4.

- MODÈNE. Soc. dei naturalisti. Annuario. Memorie, ser. 3, V. Rendiconti.
 NAPLES. Station zoologique. Mittheilungen, VII, 1-2.
 PISE. Soc. toscana di sc. natur. Atti. Memorie, VIII, 1-2.
 PAVIE. Maggi, Zoja, de Giovanni. Bollettino scientifico, VIII, 3-4; IX, 1-2.
 ROME. Reale accademia dei lincei. Atti, II *b*, 7-12; III *a*, 1-13; III *b*, 1-3. Memorie.
 — Comitato geologico d'Italia. Bollettino, XVII.
 VENISE. Reale istituto veneto. Atti, III, 10; IV, 1-10; V, 1.

Portugal.

- LISBONNE. Section des travaux géologiques. Communicações. Recueil d'études paléontologiques, I, 1^{re} série, p. 1-40. Faune crétacique du Portugal, II, fasc. 1.

Russie.

- DORPAT. Naturforscher Gesellsch. Archiv. Biolog. Mineralog., IX, 4. Sitzungsberichte, VIII, 1. Schriften.
 — Meteorologische Beobachtungen, 1887, Febr.-Mai.
 EKATERINBOURG. Soc. ouralienne d'amat. des sc. nat. Bulletin, V, 3; VII, 4; VIII, 1; IX, 1; X, 1, 2. Programme de l'exposition.
 HELSINGSFORS. Soc. pro fauna et flora fennica. Meddelanden. Acta.
 MOSCOU. Soc. impér. des naturalistes. Bulletin, 1886, 1-4; 1887, 1-3. Nouveaux mémoires.
 ODESSA. Soc. des naturalistes de la Nouvelle-Russie. Mém., XII, 1. Bulletin, VII.
 ST-PÉTERSBOURG. Acad. impér. des sciences. Bulletin, XXXI, 2-4.
 — Id. Repertorium für Meteorologie. Supplémentband, II-IV.
 — Observatoire physique central. Annales, 1885, 1-2.
 — Jardin impérial de botanique.
 — Comité géologique. Mémoires, IV, 1. Bulletins, V, 9-11; VI, 1-7, suppl. — Carte géologique, feuille.
 — Société impériale russe de géographie. Bulletin, XXIII, 1-3.

Scandinavie.

- CHRISTIANIA. Université royale de Norvège. Aarsberetning.
 — Commission géodésique. Publications, IV, V.
 STOCKHOLM. Acad. royale des sc. Bulletin. Biographie des membres. (Mémoires) Handlingar. Meteor. Bihang (suppl. aux mém.).
 — Entomologisk Tidskrift. VII, 1-4.
 TROMSO. Museum. Aarshefter, IX.
 UPSAL. Societas regia scientiarum. Nova acta.

Suisse.

- AARAU. Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen.
 BALE. Naturf. Gesellsch. Verhandlungen.
 BERNE. Soc. helvét. des sc. natur. Verhandlungen, 69. Nouveaux mémoires.

- BERNE. Commission géologique fédérale. Matériaux pour la carte géolog. de la Suisse. Feuille XIII.
 — Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen, 1143-1168.
 COIRE. Naturf. Gesellsch. Jahresberichte, XXIX.
 FRAUENFELD. Naturf. Gesellsch. Mittheilungen, 3.
 FRIBOURG. Soc. des sc. natur. Bulletin.
 GENÈVE. Soc. de phys. et d'hist. natur. Mémoires.
 — Institut national. Bulletin. Mémoires, XVI.
 — Soc. de géographie. Le Globe. Bulletin, XXVI, 1-2. Mémoires.
 LAUSANNE. Club alpin suisse (section des Diablerets). Jahrbuch u. Beilagen.
 — Le Monde de la science et de l'industrie, 1886, 21-24; 1887, 1-8; 10-20.
 NEUCHÂTEL. Soc. des sc. naturelles. Bulletin, XV.
 PORRENTRUÏ. Société jurassienne d'émulation. Actes.
 ST-GALL. Naturf. Gesellsch. Berichte über die Thätigkeit, 1884-85.
 SCHAFFHOUSE. Schweiz. entomologische Gesellsch. Mittheilungen, VII, 7-9.
 SION. Soc. murithienne. Bulletin des travaux, 1884-86.
 ZÜRICH. Naturf. Gesellsch. Vierteljahrsschrift, 1881-1885; 1886, 1-2.
 — Schweiz. meteor. Beobacht., 1885. Supplementband, I.

Amérique.

- BOSTON. American acad. of arts and sciences. Proceedings, XIII, 2; XIV. Mem.
 — Natural history society. Mem. III, 12, 13. Proceedings, XXIII, 2.
 BUFFALO. Society of natural sciences. Bulletin.
 CAMBRIDGE. Mass. Museum of comparative Zoölogy. Bulletin, XII, 6; XIII, 1-4. Annual report, 1885-86.
 — American association for the advancement of sciences. Proceedings.
 — Entomolog.-club. Psyche, 113, 114; 135-137.
 CHICAGO. Academy of sciences. Transactions.
 DAVENPORT. Acad. of nat. sc. Proceedings, IV.
 JOWA-CITY. Hinrichs, Gust. Jowa weather. Report.
 MADISON. Wisconsin Academy of sc., arts a. letters. Transactions, VI.
 NEW-HAVEN. Connecticut Academy of arts and sciences. Transactions, VII, 1.
 NEW-YORK. Acad. of sciences. Annals. Transact., V, 7-8.
 — American museum of natural history. Bulletin, I, 8, ritel; II, 1. Annual Report.
 PHILADELPHIE. Acad. of natural science. Proceedings, 1886, 2-3.
 — American philosophical society. Proceedings, 123, 124.
 — Franklin institute. Journal, 731-742.
 — Wagner free Institut. Transactions, 1.
 SALEM, Mass. Essex institute. Bulletin, XVII, 1-12. Guide.
 — Peabody Academy of science. Annual Report, 19. Memoirs.

- SAN FRANCISCO. California academy of sciences. Bulletin, 1886, Jan.
- ST-LOUIS. Acad. of science. Transactions, IV, 4.
- WASHINGTON. Department of agriculture. Report, 1885.
- Smithsonian institution. Annual report, 1884, 2; 1885, 1.
 - Geological survey. Mineral Resources of the Un. St. 1885. Monographs : XI, Russel geological history of Lake Lahontan. Bulletin, 27-33.
 - American medical association. Transact., Journal, VII, 17-26; VIII, 1-7, 9-21, 24-26; IX, 1-15.
 - Bureau of ethnology. Annual Report.
- CORDOBA. Acad. nacional de ciencias de la Republica Argentina. Boletin, VIII, 4; IX, 1-4. Actas.
- MEXICO. Sociedad científica Antonio Alzate. Memorias, I, 2, 3.
- RIO DE JANEIRO. Museu nacional. Archivos.

II. Dons.

- ANDREWS, Th. On the properties of matter in the gaseous and liquid states under various conditions of temperature and pressure, 1877. — On the gaseous state of matter.
- Biblioteca nazionale centrale Vittorio-Emanuele. Bollettino delle opere moderne straniere. N° 5, 6. I, Indice; II, 1.
- BURNAT, Em., et GREMLI, Aug. Genre Rosa. Revision du groupe des orientales.
- BURNIER, V., et GUILLEMIN, Et. Manuel sur l'inflammation des poudres par l'électricité.
- CHURCHILL, J.-F. First Report, free stoechiological Dispensary, for consupcion, and diseases of the lungs, windpipe, nose and throat, with an appendice on croup, diphteria and hay-fever.
- DOLLFUSS, Ad. Diagnoses d'espèces nouvelles et catalogue des espèces françaises de la tribu des Armadilliens.
- DUFOUR, H. Action d'un aimant sur l'écoulement du mercure. — Note sur quelques effets de la foudre. — Sur la réflexion de l'arc-en-ciel à la surface d'une eau tranquille.
- (Don de M. J. Dumur). War Department. Corps of Engineers U. S. army. Report upon the third international geographical congress and Exhibition at Venise, 1881.
- DURAND, Th., et PITTIER, H. Catalogue de la flore vaudoise, 3^e fasc.
- FLETCHER INGALS, E. Intubation of the larynx.
- FOREL, F.-A. Le lac Léman. Précis scientifique. — Les variations périodiques des glaciers des Alpes; 6^e et 7^e rapports. — Carte hydrographique du lac des IV Cantons. — Programme d'études limnologiques pour les lacs subalpins. — La température des eaux profondes du lac Léman. — Tremblements de terre et grisou. — Liste des mémoires et travaux scientifiques publiés par l'auteur. — Etudes glaciaires, II, 1887.

- (Don de M. F.-A. Forel.) JUDD, J.-W. Address delivered at the anniversary meeting of Geol. society of London. 18 Febr. 1887.
- DANA, J.-D. Views of prof. Emmon on the Taconic system.
- WARD, M.-F. Observations météorolog. faites à Rossinières.
- BLANC, H. Isopode aveugle de la région profonde du Léman.
- MERMOD, A. Etude de l'influence de l'altitude sur la fréquence des battements du cœur. — Nouvelles recherches physiologiques sur l'influence de la dépression atmosphérique.
- UZIELLI, Gust. Osservazioni sulle legge di ortogonalita delle forze in geologia. — Sulle argile scagliose.
- BIELER, S. A B C du microscope.
- FOREL, F.-A. Matériaux pour servir à l'étude de la faune profonde du lac Léman, 2^e et 3^e séries.
- REPLAT, J. Voyage au long cours sur le lac d'Annecy, 1859.
- RENEVIER, E. Les facies géologiques, 1884. — Unification géologique. Propositions du Comité suisse aux Commissions internationales, 1883. — 1^{er} compte-rendu de la Commission géologique internationale pour l'unification des procédés graphiques, 1879.
- SORET, Cl. Notices cristallographiques, 1884.
- ALISHAN, L.-M. Physiographie de l'Arménie.
- Le percement de l'isthme de Suez. Enfantin, de Lesseps, 1869.
- GATTA, L. Da Massaua a Chartum per Keren et Cassala, 1885. — L'arcipelago delle Filippine secondo Yordano y Morera, 1886. — Il Reame dei Maori nella Nuova Zelanda, 1884.
- Bulletin de la Société des lettres, sciences et arts de la Flèche, 1883.
- VAN MUSSCHENBROEK. Het Vaarwater van de Schipbreukeligen van het Koning der Nederlanden en de Kansen of hun behoud, 1881.
- TÜRR, E. Mémoires et notes au sujet de l'utilisation des cours d'eau du royaume de Hongrie, 1881.
- DALLA VEDOVA. Note préliminaire sur le 2^e volume des actes du 3^e congrès international de géographie, 1884.
- LEA, J. Further notes on inclusions in gemes, etc.
- VAN BENEDEN. Description des ossements fossiles des environs d'Anvers, 1877.
- BERNATH, J. Beitrag zur Kenntniss des Noseanphonoliths vom Hohentweil in Högau, 1877.
- MARINELLI, Giov. Materiali per l'altimetria italiana. — La superficie del regno d'Italia.
- DAVIS, W.-M. Geographic classification, illustred by a study of plains, plateaus, and their derivations.
- HALL, J. Report of the state geologist for the year 1884.
- BEHRENS, C. Quinze jours au sommet du Mont-Blanc. Revue scientifique suisse, 4^e année, No 6.
- Thirty-first annual Report on the state Museum of natural history by the regents of the university of the state of New-York.
- Correspondenz-Blatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte, XIV. Jahrg., No 5.

- DESOR, E. L'évolution des échinides dans la série géologique et leur rôle dans la formation jurassique, 1872.
- LOMBARD-DUMAS. Constitution géologique et hydrologique souterraine de la vallée inférieure de Vidourle. — Les phosphates de chaux du département du Gard.
- DE SAUSSURE, H. Description géognostique et minière des filons de Kinzigthal.
- DUMAS, E. Notice sur la constitution géologique de la région supérieure ou cévennique du département du Gard.
- HALL, J. Contributions to the geological history of the american continent.
- MÖBIUS, K. Ueber die Goethe'schen Worte : Leben ist die schönste Erfindung der Natur, und der Tod ist ihr Kenntriff viel Leben zu haben.
- SCHERBECK, E. Le Salzkammergut et la Styrie, 1883.
- BASTIAN und HARTMANN. Zeitschrift für Ethnologie, 1869. Hefte 1-6.
- Bulletin de la Société entomologique suisse, I, 2-5, 7-10; II, 5-8, 10; III, 1-5, 7-10.
- BERZELIUS, J.-J. Die Anwendung des Löthrohrs in der Chemie und Mineralogie.
- HEIM, Alb. Notizen aus den geologischen Untersuchungen für Blatt XIV der eidgn. Karte.
- LEUCKART, R. Bericht über die wissenschaftlichen Leistungen in der Naturgeschichte der niederen Thiere, 1859, inc. 1864-1865; 1872-75; 1876-79.
- SAINPIERRE, C. L'industrie du département de l'Hérault.
- Thirtieth annual Report on the New-York state Museum of natural history, 1877.
- Société géologique de France. Réunion extraordinaire à Genève et à Chamonix, 1875.
- PIERQUIN DE GEMBLOUX. Idiomologie des animaux, 1844.
- TRAUTWEIN. Mittheilungen des deutschen u. österreichischen Alpenvereins, 1882, 1-7, 9-10; 1883, 4-8, 10; 1884, 1-2, 4-10. — Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins; 1882, 1-3, Taf. 25-28; 1883, 1-3; 1884, 1-3.
- DE LACAZE-DUTHIERS. Archives de zoologie expérimentale et générale, I, 1-4.
- Stonyhurst College Observatory. Results of meteorological and magnetical observations, 1879-1885.
- Bischoff, Blum, Bronn, Leonhard u. Leuckart. Naturgeschichte der drei Reiche, Lief. 1-3, Atlas zur 3^{te} Lief., 5-8, 10, 14, 18, 22, 23, 48, 49, 53, 54, 64-66, 70-91; — 1832-1848.
- Bollettino mensile pubblicato per cura dell'osservatorio centrale del real collegio Carlo-Alberto in Moncalieri, in-4, se. 2, I, 1-12; II, 2-10, 12; III, 1-12; IV, 1-12; V, 2-8.
- Plus, 12 publications que la Société possédait déjà.
- FOL, H. Recueil zoologique suisse, IV, 1, 2, 3.
- HALPHEN. Traité des fonctions elliptiques et leurs applications (compte-rendu).
- KIRCHHOFF, A. Bericht der Zentral-Commission für wissenschaftliche Landeskunde von Deutschland.

- LOEWENTHAL, N. Contribution expérimentale à l'étude des atrophies secondaires du cordon supérieur de la colonne de Clarke. — La région pyramidale de la capsule interne chez le chien et la constitution du cordon antéro-latéral de la moelle.
- MARCOU, J. Mapoteca geologica americana. A catalogue of geological Maps of America, 1752-1881. — Note sur la géologie de la Californie, 1883.
- MARIGNAC, E. Quelques réflexions sur le groupe des terres rares, à propos de la théorie de M. Crookes sur la genèse des éléments.
- MICHAUD, L. Vade-mecum de la région du Léman.
- OMBONI, G. Di alcuni insetti fossili del Veneto.
- PLATEAU, Fél. Palpes des Myriapodes et des Aranéides. — Notice bibliographique de F.-A.-J. Plateau. — Les animaux cosmopolites. — Une expérience sur la fonction des antennes chez la blatte. — De l'absence de mouvements respiratoires chez les Arachnides. — Recherches sur la perception de la lumière par les myriapodes aveugles.
- PRESTWICH, J. Considerations on the date, duration and conditions of the glacial period, with reference to the antiquity of man.
- Rapport des experts sur le percement du Simplon, 1886.
- RECLUS, E. Nouvelle Géographie universelle, XII. L'Afrique occidentale.
- RENEVIER, E. Rapport sur la marche du musée géologique vaudois en 1886.
- (Don de M. Renevier). JENTZSCH, Alf. Das Profil der Eisenbahn Zajonskowo-Löbau. — Das Profil der Eisenbahn Berent-Schöneck-Hohenstein. — Aufnahme in Westpreussen innerhalb der Sectionen Rehhof und Mewe. — Aufnahme in Weichselthale bei Mewe und Rehhof.
- FRAUSCHER, K.-Ferd. Das Unter-Eocän der Nordalpen und seine Flora.
- DE GREGORIO. A propos de l'ouvrage de M. Vacek, sur la faune de l'oolite de S. Vigilio.
- GOLL, H. Note sur la faune de la Basse-Egypte.
- VON RICHTOFEN. Führer für Forschungsreisende. Naturhistorisches Museum der Stadt Bern. Bericht der Museums-Commission, 1880-85.
- LUNDGREN, B. Nagra anmärkningar om Ananchytes sulcata. — Studier öfver fossilförende lösa block.
- DE MARGERIE. Inde. Esquisse géologique. — Amérique du Nord (géologie). — Sur les terrains paléozoïques de la Pensylvanie. — Méthodes de cartographie géologique employées par l'U. S. geol. Survey. — Compte-rendu de récentes publications sur la géologie.
- CHARPY, Léon. Notice biographique, par M. de Tribolet. Fifth annual Report of the U. S. geological Survey, 1883-84. Das k. k. naturhistorische Hofmuseum in Wien.

MAC GREE, J. On the meridional deflexion of Ice-Streams. — On the superposition of glacial Drift upon residuary clays. — On the present statuts of the excentricity theory of glacial climate. — On glacial Canons. — The relations of Geology and Agriculture.

BOEHM, G. Die Gattungen Pachymegalodon und Durga.

The Work of the international congress of geologists and of its committees.

Société géologique suisse. Compte-rendu. Locle, 1885; Genève, 1886. Géologie, session du Locle.

FAVRE, E. Revue géologique suisse pour 1885.

Pierre Belon et son œuvre. Disco urs prononcé lors des funérailles de F.-L. Cornet

COHEN, E. Ueber eine Pseudomorphose nach Markasit aus der Kreide von Arcona auf Rügen.

GEINITZ, H.-B. Steinkreuzen.

STRUCKMANN, C. Ansiedelung aus der norddeutschen Ren-thierzeit am Dümmer See.

VON KÖENEN, A. Ueber die ältesten und jüngsten Tertiärbildungen bei Kassel, 1887.

ZSCHOKKE, Fr. Der Botriocephalus latus in Genf.

ALBRECHT, P. Anatomische Schriften. — Verläuft der Nervenstrom in geschlossener Strombahn. — Morphologischer Wort der Wirbelgelenke, etc. — Ueber die cetoide Natur der Promammalia.

GOLDSCHMIDT, V. Krystallographische Projectionebilder.

SABATIER. De l'éducation des peuples conquis.

Prof. Bernhard Studer, par L. R.

HUNDHAUSEN, Joh. Zum Begriff der Kraft.

Commentari dell'Ateneo di Brescia, 1880.

L'industrie moderne, journal bi-mensuel, N° 10, 1887.

KAUFMANN, F.-J. Geologische Skizze von Luzern und Umgebung.

DE LAPPARENT, A. Note sur le loess et le limon du plateau.

GREDILLA Y GAUNA. Pumita del Krakatoa.

NOVIANI, Ant. Di alcuni minerali raccolti nella provincia di Catangaro.

Statuts de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie.

DAWSON, J.-W. The geological history of the North atlantic.

TOPLEY. Ch.-Fs Fontannes.

FORESTI, Lud. Sopra alcuni fossili illustrati e descritti nel Museum metallicum di Ul. Aldrovandi.

DANA, J.-D. Memoir of. Arn. Guyot, 1807-1886.

HOVELAQUE, M. Sur le développement et la structure des jeunes orobanches. — Développement et valeur morphologique des orobanches.

DAVIS, W.-M. Land and sea Breezes. — Instruction in geological investigation.

POWELL, J.-W. Organisation, business methods and work of the U. S. geological Survey.

RICHARD, J. Liste des cladocères et des copépodes d'eau douce, observés en France.

Sphinx. Monatschrift für die geschichtliche und experimentale Begründung der übersinnlichen Weltanschauung auf monistischer Grundlage, 1887, III, 15.

DE TRIBOLET, M. Note sur la carte du phénomène erratique de M. A. Favre et sur la carte des bassins erratiques de la Suisse, d'A. Guyot. — Les animaux disparus depuis l'apparition de l'homme.

VAN AUBEL. Quelques mots sur la transparence du platine et des miroirs de fer, nickel, cobalt, obtenus par l'électrolyse.

WEIHRAUCH, K. Zwanzigjährige Mittelwerthe aus den meteorologischen Beobachtungen, 1866-1885. Dorpat.

WOLF, R. Astronomische Mittheilungen, LXVIII, LXIX.



DERNIÈRES PUBLICATIONS

de la librairie F. ROUGE, éditeur,

rue Haldimand, 4, Lausanne.

- Résumé sur l'état actuel de la science en matière de spiritisme expérimental**, par le D^r V. BOREL. In-8°. 50 c.
- Essais de levée et d'organisation d'une force nationale en Suisse**. Novembre 1798 à mars 1800, par le capitaine BOILLOT. In-8° avec planches . . 2 fr. 50
- Pro Deo et Patria**, mémoire primé par la Société vaudoise d'utilité publique, ensuite du concours ouvert sur la revision de la loi scolaire dans le canton de Vaud, par H. SUBILIA, pasteur à Provence. In-12 . . . 1 fr.
- Dernières poésies**, par Eugène RAMBERT. Les Gruyériennes, poésies diverses. 1 vol. elzévir . . . 5 fr.
- Pourquoi je ne fraternise pas avec l'Armée du Salut**, par C. B. Seconde édition, in-12 . . 60 c.
- Catherine de Sienne**, par Joséphine BUTLER, traduit de l'anglais par P. TRIVIER, avec préface de Aug. GLARDON, in-12, avec portrait. Seconde édition . . . 3 fr.
- Croquis villageois**, nouvelles par Roger DOMBRÉA, in-12°. 1 fr.
- Etude des chemins de fer funiculaires**, par Alphonse VAUTIER, ingénieur, in-8, avec planches . 1 fr. 50
- Du magnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques**, par Roger CHAVANNES, ingénieur, in-8, avec planches . . . 2 fr. 50
- Eléments de la géographie du Pays-d'Enhaut**, par H. PITTIER. 80 c.
- Catalogue de la flore vaudoise**, par DURAND et PITTIER, troisième et dernier fascicule, in-8 . . 2 fr. 50
L'ouvrage complet 7 fr. 50
- Méditations sur l'Ancien Testament**, pour servir au culte de famille. In-8. Second volume. . 4 fr.
Le premier volume 3 fr.

DERNIÈRES PUBLICATIONS
de la librairie F. ROUGE, éditeur,
rue Haldimand, 4, Lausanne.

- Formulaire généalogique** pour établir la filiation des familles. Une feuille 20 c.
- A l'école de Dieu dans la chambre des enfants**, par O. FUNCKE. Brochure 30 c.
- Des ténèbres à la lumière**, par O. FUNCKE. In-12 3 fr.
- Petite bibliothèque du cathécumène**, par A. DE LOËS, pasteur, à Lausanne.
- I. *Trois appels adressés à la jeunesse*. 2^{me} édit. 40 c.
- II. *Sois fidèle*, étude biblique 40 c.
- La femme et le droit**, étude historique sur la condition des femmes, par LOUIS BRIDEL, professeur à l'Université de Genève. In-8. 3 fr.
- Manuel d'instruction religieuse**, à l'usage des Eglises évangéliques, par P. VALLOTTON, professeur à l'Académie de Lausanne. In-12 3 fr. 50
- Catéchisme** correspondant au *Manuel d'instruction religieuse*. 1 fr.
- Grande carte murale du Canton de Vaud**, par MAGNENAT-GLOOR, gravée en relief sur cuivre par Mullhaupt, pour écoles et pour bureaux. Troisième édition. 4 feuilles coloriées s^r toile vernie avec rouleaux. 20 fr.
- The Flora of the Pays-d'Enhaut (Switzerland)** a botanical account by Prof. H. PITTIER 30 c.
- Oldbury**, par A. KEARY, traduit librement de l'anglais. Un fort vol. in-12 3 fr. 50
- Les Alpes suisses. Ascensions et flâneries**, par Eug. RAMBERT 3 fr. 50
- La religion de nos pères**, notice historique sur les catéchismes qui ont été en usage dans l'Eglise du Pays de Vaud depuis les temps de la Réformation, par H. VUILLEUMIER, professeur à l'Académie de Lausanne.
- Petite carte du Canton de Vaud**, adoptée par le Département de l'Instruction publique. Seconde édition.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES SCIENCES NATURELLES

3^e S. — Vol. XXIV.

N^o 98.

Publié, sous la direction du Comité, par M. F. ROUX.

Avec 5 planches. — Prix : 3 fr.

Contenu :	Pages
F.-A. FOREL. — La capacité du lac Léman	1
H. BLANC. — <i>Tænia Saginata</i> et <i>Bothriocephalus latus</i> avec anneaux perforés (Pl. I).	9
Etienne GUILLEMIN. — Hypothèse sur l'origine des comètes	17
J.-B. SCHNETZLER. — Sur la résistance des végétaux à des causes qui altèrent l'état normal de la vie	23
J.-B. SCHNETZLER. — Sur un cas de germination de <i>Ranunculus aquatilis</i> L.	28
Ch. DUFOUR. — Observations faites pendant l'éclipse de lune du 3 août 1887	29
A.-A. ODIN. — Essai d'une application des principes de la mécanique à l'écoulement des glaciers (Pl. II et III)	33
F.-A. FOREL. — Observations phénologiques sur la floraison des perce-neige	64
L. GAUTHIER. — Résumé annuel des observations pluviométriques faites par les stations de la Vallée du lac de Joux, en 1887 (Pl. IV).	65
F.-A. FOREL. — Glaçons de neige tenant sur l'eau du lac Léman	77
Ch. DUFOUR, président de la Soc. vaud. des Sc. nat. — Discours prononcé à l'ouverture de la séance annuelle du 15 juin 1887	80
J.-B. SCHNETZLER. — Sur le mouvement de rotation du protoplasma végétal	83
H. DUFOUR. — Note sur une nouvelle forme d'hygromètre à condensation (Pl. V)	88
Th. DE MEURON. — Quelques mots sur les phénomènes glaciaires	93

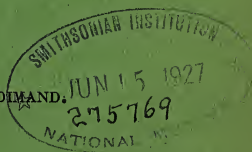
PROCÈS-VERBAUX, de novembre 1887 à mars 1888.

(Chaque auteur est responsable de ses écrits.)

AVIS IMPORTANT. — On est prié de tenir compte des avis insérés à la seconde page de la couverture.

LAUSANNE
LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HALDIMAND.

Novembre 1888.



COMITÉ POUR 1888

BLANC, H., prof. (Clos-Rosiers, 4),	<i>Président</i> ,	Lausanne.
CHUARD, E., prof., laborat. du Tunnel,	<i>Vice-Président</i> ,	id.
BUGNION, Ed., Dr (Grand-Chêne, 1),		id.
FOREL, F.-A., prof.,		Morges.
DUFOUR, Jean, docteur,		Lausanne.



BIBLIOTHÈQUE

Montée de St-Laurent, N° 22, maison de la Société de consommation, ouverte le MERCREDI et le SAMEDI, en été de 2 à 6 h. du soir, en hiver de 2 à 5 h., sauf pendant les séances.



Bibliothécaire: M. L. MAYOR, prof. (Boulevard industriel).
Editeur du Bulletin: » F. ROUX, Directeur de l'Ecole industrielle (La Source, Cour).
Secrétaire-caissier: » KRAFFT, H., prof. (Châlet-Beaulieu).



AVIS

I. Les personnes qui désirent publier des travaux dans le Bulletin sont priées de tenir compte des observations suivantes :

1^o Tout manuscrit doit être adressé à l'*Editeur du Bulletin*. Il doit contenir l'adresse de l'auteur, l'indication du nombre d'exemplaires qu'il désire comme tirage à part, et celle du nombre de planches ou tableaux hors texte qui accompagnent le mémoire.

2^o Il ne sera fait de tirage à part d'un travail que sur la demande expresse de l'auteur.

3^o Les tirages d'auteurs peuvent être remis à leurs propriétaires avant que le Bulletin ait paru.

II. Nous rappelons aux Sociétés correspondantes que la *Liste des livres reçus*, publiée à la fin du volume, sert d'accusé de réception pour les publications qu'elles échangent avec nous.



On est prié de s'adresser à la librairie F. ROUGE pour la rectification des adresses qui ne seraient pas exactes.



LA CAPACITÉ DU LAC LÉMAN

par F.-A. FOREL, prof.

Plusieurs auteurs se sont occupés dernièrement de la capacité, c'est-à-dire du cube du lac, et de la quantité d'eau qu'y apporte le Rhône, son principal affluent. Les uns estiment que l'eau du Rhône du Valais y séjourne des centaines d'années avant d'arriver à l'émissaire de Genève¹⁾; les autres calculent que le Rhône du Valais emploierait de 68 à 106 ans pour remplir le lac, à supposer que celui-ci eût été vidé²⁾.

Je voudrais reprendre ce calcul sur quelques bases nouvelles et arriver à des chiffres plus rapprochés de la vérité.

On admet pour le volume du lac 90 milliards de mètres cubes; c'est un chiffre moyen des deux extrêmes, 80 à 100 milliards, que j'ai obtenus par deux procédés différents de supputation. Nous n'aurons un chiffre plus précis que le jour, trop lent à venir, où la carte hydrographique du Léman sera enfin terminée³⁾.

Pour le débit du Rhône du Valais, le correspondant de l'*Estafette* a choisi la valeur de 27 m.³ à la seconde. C'est le chiffre obtenu en février 1858 par MM. L. Dufour et F. Burnier⁴⁾. Mais ce jaugeage, exécuté à la suite d'une période prolongée de

¹⁾ *Fol et Dunant*. Arch. de Genève, XIII, 115. 1885.

²⁾ *Estafette* de Lausanne, 6 mars 1887.

³⁾ Pour achever le lever de cette carte, il ne restera plus à la fin de l'année 1888 que la partie des eaux vaudoises qui s'étendent de St-Sulpice à Coppet. En effet, les eaux genevoises ont été levées et publiées en 1875 par le major Ed. Pictet; les eaux françaises ont été levées en grande partie en 1887 par les ordres de M. A. Delebecque, ingénieur des ponts et chaussées de l'arrondissement de Thonon, et seront terminées dans l'été de 1888; le Haut-lac français, valaisan et vaudois, feuilles 460, 464, 465 et 467 de l'atlas Siegfried, ont été levées en 1885 par M. J. Hörnlimann, ingénieur du bureau topographique fédéral; enfin les feuilles 438 bis et 440 ont été levées en 1873 par M. Ph. Gosset, du même bureau, publiées en première édition en 1874 et révisées en 1886 par M. J. Hörnlimann. L'ouvrage est bien avancé; pourquoi ne pas le terminer?

⁴⁾ Bull. S. V. S. N., VI, 6. Lausanne, 1861.

grande sécheresse, ne donne qu'une valeur minimale et non la moyenne de l'année.

Voici quelques autres estimations sur lesquelles je me fonderai.

M. l'ingénieur R. Lauterburg, de Berne, dans ses études sur le débit des fleuves suisses ¹⁾, évalue comme suit le débit par seconde du Rhône du Valais :

Débit moyen annuel	199 m ³
» » de l'hiver	58 »
» » de l'été	737 »
» exceptionnel en temps d'inondation	1692 »

Ce dernier chiffre est probablement trop élevé; la plus forte crue connue du lac, celle du 24 mai 1878, m'a donné pour le débit total de tous les affluents du lac une valeur de 1475 m³ à la seconde ²⁾.

Dans un travail précédent ³⁾, j'ai donné les éléments d'un calcul basé sur une formule de M. l'ingénieur A. Bürkli-Ziegler, de Zurich, qui m'a permis de calculer le débit du Rhône d'après la hauteur des eaux du fleuve, mesurées à la Porte du Scex et au pont de Collombey. J'ai fait ce calcul pour les années 1879 et 1886 et je suis arrivé pour le débit moyen annuel aux chiffres de 200 m³ à la seconde pour 1879, de 142 m³ pour 1886. La valeur du débit de 1879 est plus sûre que celle de 1886, la première de ces dates étant plus rapprochée de l'époque où ont été faits les jaugeages servant de base à la formule de M. Bürkli. En revanche, l'année 1879 était une année exceptionnelle par les eaux très hautes de l'été. La hauteur moyenne du lac a été, en 1879, de 427 mm. au-dessus de la moyenne annuelle des soixante années antérieures; le maximum de l'été a dépassé de 504 mm. la moyenne des maximums des soixante-quinze années précédentes.

Les observations faites à Genève en 1874 par les soins du Bureau vaudois des Ponts et Chaussées m'ont fourni les éléments d'un autre calcul. Une dizaine d'échelles limnimétriques et flu-

¹⁾ *R. Lauterburg*. Versuch zur Aufstellung der schw. Stromabflussmengen, p. 65. Bern, 1876.

²⁾ *F.-A. Forel*. Limnimétrie du Léman, IV^e série. Bull. S. V. S. N. XVI, 641. Lausanne, 1879.

³⁾ *F.-A. Forel*. Le ravin sous-lacustre du Rhône. Bull. S. V. S. N. XXIII, p. 90. Lausanne, 1887.

viométriques avaient été établies dans le port de Genève et dans le Rhône, et un employé y faisait chaque jour la lecture de la hauteur de l'eau. J'ai dépouillé les hauteurs journalières de l'année 1874 et j'en ai tiré les moyennes mensuelles. J'ai choisi celles du limnimètre Q, situé à la Coulouvrenière, parce que cette localité est au-dessous du pont de la Machine et parce que c'était le lieu des jaugeages opérés par MM. Pestalozzi et Légler.

J'avais donc la hauteur moyenne mensuelle du Rhône à la Coulouvrenière; les jaugeages des experts vaudois me permettaient d'en déduire le débit moyen du fleuve pour cette hauteur de l'eau, et par suite de calculer le débit total du fleuve pendant chaque mois. Une addition me donnait le débit total du fleuve pendant l'année entière. Cette quantité d'eau qui s'est écoulée sous les ponts de Genève en 1874 a été de 6 940 512 mille m³.

Or le lac était, au 1^{er} janvier 1874, à la cote 1.080 m. du limnimètre; au 31 décembre, il était à 1.245 m. Son niveau était donc de 165 mm. plus élevé à la fin de l'année qu'au commencement, c'est-à-dire qu'il était entré plus d'eau qu'il n'en était sorti.

La superficie totale du lac étant de 578 km², une couche de 165 mm. sur le lac représente un volume de 95 370 mille m³.

Si j'ajoute ce chiffre à la quantité d'eau écoulée par le Rhône de Genève pendant l'année, j'aurai donc la quantité d'eau apportée dans le lac par les affluents divers. Cela me donne un total d'entrée de 7 035 882 mille m³ ou un débit moyen d'entrée de 223 m³ par seconde.

Si l'on déduit de ce chiffre environ 25 m³ par seconde pour l'eau entrée directement dans le lac par les affluents autres que le Rhône, par la pluie et la condensation à la surface de l'eau, on voit que le débit moyen du Rhône a dû être de quelque peu inférieur à 200 m³ à la seconde.

Qu'a été l'état hygrométrique de cette année 1874? Si je me reporte aux observations météorologiques de Genève, je vois que, par rapport à la normale, la température moyenne de l'année a été + 0.13°

la température moyenne de l'été + 0.65°

l'humidité absolue de l'année — 0.15 mm.

» de l'été + 0.30 mm.

la haut. d'eau météorique de l'année — 254 mm.

» de l'été + 3 mm.

La hauteur moyenne du lac a été en 1874 de .	1.428 m.
tandis que la normale de 1851-1875 était . . .	1.468 m.
» 1818-1880 » . . .	1.349 m.

Cette année 1874 doit être considérée comme étant à peu près une année normale, plutôt un peu au-dessus de la moyenne, pour ce qui regarde le débit des affluents du lac.

De ces différents calculs, j'arrive à conclure que le débit moyen du Rhône du Valais doit être probablement entre 180 et 200 m³ à la seconde.

Suivant que nous adoptons l'un ou l'autre chiffre, nous trouverons que le volume total du lac serait rempli par le Rhône, coulant seul, en 16 ou 14 années.

Il y a loin de cela aux centaines d'années que réclame le préjugé auquel j'ai fait allusion.

Est-ce à dire que toute l'eau du Rhône traverse le lac en une quinzaine d'années? que certaines parties de cette eau n'y séjournent pas plus longtemps? Non, certainement non. Suivant les hasards des vents et des courants, certaines parties de l'eau apportée aujourd'hui par le Rhône arriveront fort vite à Genève et pourront ressortir du lac dans deux ans, dans un an, peut-être même plus tôt; d'autres parties, immobilisées dans les grands fonds du lac ou saisies par des remous, peuvent, au contraire, y séjourner presque indéfiniment. Le chiffre de 14 à 16 ans représente la moyenne du temps que l'eau du Rhône séjourne dans le lac Léman.

Le Rhône apporte constamment dans le Léman sa charge d'alluvion en suspension, qui se dépose au fond du lac et tend à le combler.

En combien d'années le lac Léman sera-t-il comblé? Cette question intéresse la géologie. Si l'on pouvait lui donner une réponse, on y trouverait une notion sur l'activité des phénomènes d'alluvion.

Sans espérer une solution complète et précise, je crois cependant avoir les éléments d'une réponse provisoire en me basant sur les données que je possède pour l'année 1886.

Ainsi que je l'ai exposé dans mon étude sur le Ravin sous-lacustre du Rhône¹⁾, j'ai calculé le débit du Rhône du Valais pour les 12 mois de l'année 1886.

¹⁾ Loc. cit., p. 91.

D'autre part j'ai, par les analyses partielles de M. B. Buenzod, la charge en alluvion impalpable de 15 échantillons d'eau puisés à des époques diverses de la même année par M. le chanoine Besse, de St-Maurice. En rapportant cette teneur en alluvion à la hauteur du fleuve aux jours de la prise d'eau, j'ai reconnu que la charge varie notablement suivant que le fleuve est en crue ou en décrue. J'ai corrigé par la méthode graphique les irrégularités expérimentales et j'ai dressé le tableau suivant donnant la charge d'alluvion en grammes par mètre cube, pour les différents débits du fleuve, soit en crue, soit en décrue :

Débit du Rhône. m ³ par seconde.	Charge d'alluvion (grammes par m ³).	
	En crue.	En décrue.
40	80	40
80	550	200
120	950	400
160	1250	630
200	1530	810
240	1740	990
280	1940	1160
320	2100	—
360	2250	—

D'après ce tableau, j'établis la charge d'alluvion de l'année 1886 :

	Débit par seconde. m ³	Charge par m ³ d'eau. gr.	Charge par seconde. kgr.
Janvier . . .	47.0	120	6
Février . . .	45.2	70	3
Mars . . .	57.3	250	14
Avril . . .	79.2	550	44
Mai . . .	132.2	1050	139
Juin . . .	198.8	1530	304
Juillet. . .	381.7	2320	886
Août . . .	281.7	1180	332
Septembre .	227.2	940	214
Octobre . .	123.2	430	53
Novembre .	84.3	220	19
Décembre .	47.8	40	2

Soit en moyenne 168 kilogrammes d'alluvion transportés par seconde pendant toute l'année.

Cela représente 14 515 tonnes de transport par jour ; 5 297 mille tonnes de transport par an.

La densité de l'argile lacustre moderne du lac Léman étant 2.6 ¹⁾, nous calculons que 5 297 mille tonnes d'alluvion représentent 2 038 mille m³.

Le transport du Rhône dans le lac Léman aurait donc été en 1886 d'environ deux millions de mètres cubes.

Discutons la signification de ce chiffre :

1° L'année 1886 a été une année à peu près moyenne. D'après les observations de Genève et du St-Bernard, l'année (météorologique) a été :

Pour la température :

A Genève de	0.54° au-dessus de la normale ;
Au St-Bernard de . .	0.11° id.

Pour la pluie (hauteur totale de la chute d'eau) :

A Genève de	68.2 mm. au-dessus de la normale ;
Au St-Bernard de . .	210.4 id.

L'année a donc été une année chaude et humide.

Cependant le débit du Rhône a été relativement faible, 142 m³ en moyenne par seconde, tandis que l'année 1879 nous avait donné 200 m³.

De ce chef, le chiffre du transport doit être à peu près une valeur moyenne.

2° Nous n'avons tenu compte que de l'alluvion impalpable, en suspension à la surface du courant du fleuve, là où était puisée l'eau des échantillons. Il y a évidemment un transport considérable de galets, graviers et sables qui sont charriés sur le lit du fleuve et dont la valeur nous a échappé.

De ce chef, notre chiffre du transport doit être beaucoup trop faible. Il est donc un minimum.

3° Nous n'avons pas tenu compte des crues extraordinaires dues à une catastrophe, éboulement de montagne, glissement de terrains, rupture de lac temporaire, etc., qui amènent dans le lac en quelques heures des milliers et des milliers de mètres cubes d'alluvion.

L'année 1886 n'a pas présenté d'événement de ce genre.

De ce chef encore, notre chiffre du transport doit donc être un minimum.

¹⁾ D'après l'étude de M. le professeur E. Chuard.

Nous pouvons donc affirmer que le transport de l'alluvion du Rhône doit dépasser notablement, année moyenne, le volume de 2 millions de mètres cubes.

Deux millions de mètres cubes ! Nous pouvons admettre que la région profonde du Grand-lac dans laquelle se dépose cette alluvion est à peu près le tiers de la superficie totale du Léman. Attribuons-lui 200 km². Réparti sur cette superficie, le transport annuel du fleuve y déposerait une couche d'un centimètre d'épaisseur. En un siècle, le fond du lac se relèverait d'un mètre.

Deux millions de mètres cubes d'alluvion sont versés par an dans un bassin de 90 mille millions de m³ de volume. Cela signifie qu'en 45 mille ans le bassin du lac sera comblé.

Mais le chiffre de transport étant, comme nous l'avons vu, un minimum, il en résulte que ce nombre d'années est un maximum et que nous devons dire : En moins de 45 000 ans, le bassin sera comblé.

En moins de 450 siècles il se sera formé dans l'ancien bassin du Léman, dont la superficie totale était de 578 km², une couche de plus de 300 m. d'épaisseur au point le plus profond.

Dans moins de 450 siècles, la plaine du Rhône, qui commence à la cluse de St-Maurice et s'arrête actuellement à Villeneuve et le Bouveret, arrivera jusqu'à Genève, et le lac Léman n'existera plus.

Je corrige dans ces termes le résultat de calculs analogues, mais beaucoup plus incertains, qui m'avaient fait dire en 1870 ¹⁾ que le comblement probable du lac durerait moins de 300 mille ans.

J'arrive même à une conclusion générale plus importante. Dans mon Essai de Chronologie archéologique, j'avais montré que, depuis l'époque glaciaire, le Rhône du Valais avait comblé une partie de ce qui était au début le lac Léman, lequel commençait alors à la cluse de St-Maurice; que les alluvions du fleuve alpin d'une part avaient surélevé le fond du lac d'une quantité à nous inconnue, d'une autre part avaient diminué la superficie totale du lac d'une quantité égale à 150 kilomètres carrés, soit au cinquième environ de la superficie du lac primitif. Si le lac Léman, disais-je alors, qui mesure actuellement 578 km², doit être comblé en 300 000 ans, quelle a été la durée

¹⁾ *F.-A. Forel. Essai de Chronologie archéologique. Bull. S. V. S. N. X, 587. Lausanne, 1870.*

nécessaire pour faire le comblement de la partie qui s'étendait de Saint-Maurice à Villeneuve et Bouveret, et qui mesurait 150 km.²? Ce n'est pas un nombre infini de siècles, ce ne sont pas des millions d'années qui se sont écoulés depuis l'époque glaciaire; c'est par centaines de mille ans que cette durée doit se chiffrer.

La correction importante que je fais aujourd'hui à ces calculs me fait changer aussi cette conclusion, et par le même raisonnement j'arrive à énoncer l'impression que la durée du temps qui s'est écoulé depuis l'époque glaciaire jusqu'à nous doit se chiffrer par dizaines de milliers d'années seulement.



Tænia Saginata et *Bothriocephalus latus* avec anneaux perforés,

par le Dr Henri BLANC, professeur à l'Académie.

Planche I.

Les vers cestodes parasites de l'homme, *Tænia Solium*, *Tænia saginata* et *Bothriocephalus latus*, présentent parfois des monstruosités. Tantôt ce sont des anneaux doubles avec un double orifice génital ou des anneaux fusionnés, tantôt ce sont des anneaux avec crêtes ou encore des anneaux perforés.

D'après les notices bibliographiques que donnent à ce sujet Leuckart ¹, Davaine ², Blanchard ³, les Bothriocéphales perforés seraient assez fréquents; au contraire, les Ténias présentant cette même anomalie seraient beaucoup plus rares. En effet, c'est en 1780 qu'un médecin exerçant à Toulouse, Masars de Cazèles ⁴, décrit et figure pour la première fois un Ténia perforé qu'il appelle du nom de *Ténia percé à jour*, et depuis lors cette anomalie n'a été observée que sur huit ou dix de ces vers. Le dernier cas qui me soit connu est le *Tænia solium* fenêtré, présenté par Notta à la Société anatomique, qui fit l'objet d'une note publiée par Notta et Marfan ⁵ le 15 mars 1886. Dans cette note, Marfan résume aussi les cas de Ténias perforés observés et décrits, et de plus énumère, tout en les discutant, les opinions émises sur la cause de cette anomalie. Marfan, avec raison, ne croit pas qu'il s'agisse d'espèces particulières de Ténia comme le pensait Masars de Cazèles, ou d'anneaux décrépits, usés, stériles, en voie de destruction, comme le soutenaient les adversaires du médecin de Toulouse. Il ne croit pas non plus que les anneaux

¹ R. Leuckart. *Die Parasiten des Menschen*. 2. Auflage, 1879-1886.

² Davaine. *Traité des Entozoaires*, 2^{me} édit., 1877.

³ Blanchard, R. *Traité de zoologie médicale*, II^{me} partie. Paris, 1886.

⁴ Masars de Cazèles. Sur le *Tænia* ou Ver solitaire, et plus particulièrement sur un *Tænia* percé à jour. *Journal de méd., chir., pharm.*, XXIX, p. 26, pl. VII, fig. 9.

⁵ MM. Notta et Marfan. Recherches histologiques et expérimentales sur le *Tænia solium* fenêtré. *Progrès médical*, 2^{me} série. T. III, N° 11. 13 mars 1886.

perforés soient des anneaux ayant subi une ponte excessive comme cela serait le cas, paraît-il, pour les anneaux perforés du Bothriocéphale large. L'examen microscopique que Marfan a fait de coupes de *Ténia solium* perforé lui permet de réfuter encore l'opinion émise que les anneaux perforés soient des anneaux rongés par un microbe intestinal. Marfan croit plutôt à la digestion des anneaux par le suc intestinal et prouve expérimentalement cette action digestive.

Il ressort des descriptions, accompagnées parfois de figures, que les auteurs ont données jusqu'ici des *Ténias* et *Bothriocéphales* perforés : 1° Que ce genre d'anomalie s'observe tantôt sur des anneaux isolés ou réunis par petits groupes, tantôt sur toute une série de proglottis formant, par leur succession, des tronçons importants du ver. 2° Que les perforations n'affectent pas toujours la même forme chez les *Ténias* et chez les *Bothriocéphales*. Les perforations des *Ténias* sont larges, s'étendent vers les bords des articles et s'arrêtent le long des deux troncs latéraux de l'appareil excréteur; elles ressemblent à des fenêtres plus ou moins rectangulaires. Chez les *Bothriocéphales*, au contraire, les perforations s'étendent plutôt dans le sens longitudinal sous la forme de fentes plus ou moins longues. 3° Que l'on ait à faire à des anneaux perforés de *Ténias* ou de *Bothriocéphales*, dans les deux cas les perforations débutent au centre des anneaux. Cela n'est cependant pas toujours le cas. Avant de décrire les perforations que j'ai pu étudier chez les parasites de l'homme, je tiens à remercier MM. les docteurs Larguier et C. Roux, qui m'ont généreusement octroyé, le premier, un *Tænia saginata*, le second, deux *Bothriocephalus latus* qui présentaient ces anomalies; ces deux derniers parasites faisaient partie d'une collection de 90 exemplaires évacués en une seule fois. Voir à ce sujet l'intéressante note publiée par mon ami, M. le docteur C. Roux ¹.

La figure 1 représente un fragment de *Tænia saginata* situé à 1 mètre environ du scolex (cet organe n'ayant pu être expulsé, la mesure ne peut être qu'approximative); la fig. 2, un fragment de *Bothriocephalus latus* situé à 80 centimètres du scolex expulsé. Ces deux fragments démontrent que les perforations ne débutent pas toujours dans le centre des anneaux comme on le

¹ Docteur Roux. Evacuation de quatre-vingt-dix *Bothriocéphales* en une seule fois. *Correspondenz-Blatt für Schweiz. Ärzte*. Jahrg. XVII (1887).

supposait et qu'elles peuvent très bien apparaître ailleurs, entre les articles, par exemple. Je reviendrai plus tard sur cette particularité qui, au premier abord, peut paraître sans importance. Les fig. 1 et 2 font voir, de plus, que les trous interannulaires ne sont pas tous de la même grosseur et de la même forme; que chez le *Tænia saginata*, les perforations, au lieu d'être rectangulaires, peuvent avoir la forme de losanges, tandis que chez le *Bothriocephalus latus*, les perforations à peu près carrées s'étendent peu à peu sur la ligne médiane et se confondent pour former une large fente, comme le montre la fig. 3.

Pour étudier la structure des anneaux perforés, j'ai dû les débiter en série de coupes après coloration *in toto*, l'examen des articles à la loupe ou au microscope ne me satisfaisant pas. La fig. 4 représente une coupe transversale faite à travers un article perforé du *Tænia saginata*. On voit que les bords de la perforation ne sont pas partout parfaitement limités; le parenchyme est éraillé dans la région interne; mais à partir de la double couche musculaire, il est complètement recouvert par la couche sous-cuticulaire, qui paraît s'être invaginée dans chaque face de l'anneau, exsudant comme partout la cuticule externe. Sur toutes les coupes d'anneaux perforés que j'ai examinées, le revêtement cuticulaire était toujours incomplet sur les bords des perforations; il s'arrêtait de chaque côté à la couche musculaire annulaire. Celle-ci doit donc constituer un véritable obstacle pour le développement et la prolifération des noyaux de la couche parenchymateuse externe. Jusqu'aux bords des trous, les divers tissus, muscles, parenchyme, formant la trame principale des articles de Ténias, ont gardé leur position et leur structure normale. Je n'ai jamais pu remarquer la moindre trace d'altération des éléments histologiques.

Quelle que soit la cause des perforations, il arrive un moment où l'érosion est rendue impuissante par la résistance que lui offre le parenchyme et elle doit cesser. C'est ce que prouve l'examen des coupes passant dans le voisinage des extrémités supérieure et inférieure des perforations. La fig. 5 représente une de ces coupes; sur l'une des faces de l'anneau perforé, les bords de la perforation sont réunis, tandis que sur l'autre face, il existe encore un orifice. Là, le parenchyme externe *p. e.* est nettement limité de chaque côté par la couche sous-cuticulaire à noyaux *c. s. c.* et par la cuticule *c.*; mais en A, où la soudure des deux bords s'est opérée, les noyaux de la couche sous-cuticulaire

sont en voie de disparition et sont presque tous résorbés. La musculature annulaire et longitudinale est interrompue par le revêtement cuticulaire.

La fig. 6 est intéressante à un double point de vue; elle représente une coupe située un peu en arrière de la précédente. La soudure est plus complète, elle a atteint le parenchyme central, les deux bords de l'orifice sont à leur tour bien près l'un de l'autre; mais avec cette fusion plus complète, on remarque aussi un changement dans les tissus. La couche sous-cuticulaire d'érosion, — j'appelle ainsi la couche sous-cuticulaire invaginée sur les bords des trous, — est en voie de disparaître, la résorption des éléments histologiques qui la composaient est près d'être terminée, A; par contre, la musculature annulaire et longitudinale *m*, qui manquait auparavant, apparaît de nouveau. Ce sont les faisceaux de fibres longitudinales qui se forment les premiers, peut-être aux dépens d'éléments contenus dans le parenchyme cuticulaire, peut-être aussi aux dépens des fibres musculaires restées intactes aux extrémités de l'érosion; au début, leur direction est oblique, presque dorsoventrale, puis elle devient peu à peu franchement longitudinale *m*, *l*, *o*. Enfin la soudure des bords de l'érosion est complète dans la coupe que représente la fig. 7. Une petite cavité A', limitée encore d'un côté par un petit reste de parenchyme sous-cuticulaire d'érosion, subsiste encore, *e*. Les faisceaux musculaires obliques sont maintenant longitudinaux. Sur des coupes faites en arrière de celle que je viens de décrire, la perforation n'a pas laissé de trace, *vas deferens*, *utérus*, les premières portions de l'appareil génital sont en voie normale de développement.

La soudure des bords des perforations ne s'opère pas toujours de la même façon; elle est souvent plus régulière et se termine en même temps sur les deux faces des articles anormaux.

De ce qui précède et de l'examen des coupes faites à travers des articles où les perforations n'étaient pas complètes, il résulte que l'action érosive marche de l'extérieur à l'intérieur des anneaux; la cuticule, le parenchyme cuticulaire sont les premiers tissus atteints.

La courte description que je viens de faire des perforations interannulaires et des dégâts causés par elles chez le *Tænia saginata* s'applique aussi aux perforations également interannulaires des deux *Bothriocephalus latus* dont j'ai pu disposer. Comme pour les anneaux perforés du *T. saginata*, les bords des

perforations sont, chez le Bothriocéphale, en partie bien limités par une cuticule nouvelle, mais qui s'arrête encore de chaque côté au parenchyme central.

Avec Marfan, je n'admetts aucune action dévastatrice causée par un microorganisme, car il ne m'a pas été possible d'en découvrir, même en employant les plus forts grossissements. Il est vrai que je n'ai pu me servir de la méthode de contrôle employée par Marfan, c'est-à-dire d'une coloration par le procédé de Gram, attendu que tout mon matériel était coloré *in toto*; mais le seul fait que les éléments anatomiques n'étaient nulle part altérés, prouve suffisamment que cette hypothèse n'est pas soutenable. Celle-ci réfutée, que valent celles qui ont encore été émises sur le sujet dont il est ici question?

Les Ténias et Bothriocéphales aux anneaux perforés ne sont pas des espèces particulières, et ni les uns ni les autres ne méritent les qualificatifs de scalariformes ou de fenêtrés qu'on leur donne encore quelquefois. Pour être conséquent, je devrais donner au *T. Saginata* et aux *B. latus* étudiés, un nom qui rappelât aussi la forme en losange ou en quadrilatère des perforations interannulaires. Je ne comprends pas l'utilité de gratifier d'un nom particulier tel Ténia ou tel Bothriocéphale, parce qu'il possède des articles percés de trous; c'est vouloir encombrer inutilement de noms nouveaux la systématique des Cestodes.

Masars de Cazèles ayant émis l'opinion que le Ténia percé à jour devait être une espèce particulière, on lui répondit qu'il avait eu devant lui un Ténia dont les articles perforés étaient vieux et usés. Marfan réfute avec raison cette seconde hypothèse en disant: « L'altération frappe des anneaux voisins de la tête et peut épargner des anneaux terminaux qui ont, sans contredit, l'évolution la plus complète. » Comme je l'ai déjà fait remarquer plus haut, c'est aussi dans la région antérieure de la chaîne que les trois parasites dont il est question ici présentaient des anneaux anormaux, tandis qu'en arrière, jusqu'aux extrémités, les proglottis étaient intacts.

On a cru avoir trouvé la cause provoquant les fentes que présentent parfois des séries d'anneaux de *Bothriocephalus latus* dans une ponte excessive ayant pour effet la rupture des parois de l'utérus, et Bremser¹ a essayé d'appliquer cette même cause

¹ Bremser. *Traité zoologique et physiologique sur les vers intestinaux de l'homme*. Paris, 1837.

au *Tænia saginata* percé. Marfan, réfutant cette opinion, insiste surtout sur le fait que les anneaux qu'il a pu préparer ne contenaient que des ovules peu développés. Il me suffit de rappeler encore que les perforations étant interannulaires chez le Ténia comme chez les deux Bothriocéphales que j'ai étudiés, il ne peut être question de rupture des parois de l'utérus.

Küchenmeister¹ est le premier qui ait eu l'idée d'attribuer à une action digestive les perforations chez le *Tænia saginata*. Marfan soutient cette opinion et la développe, en se basant sur une communication orale à lui faite par G. Pouchet. Pour que l'on puisse considérer l'influence d'une digestion comme la cause des perforations, il faut, dit-il, que la cuticule présente déjà une solution de continuité. Des hypothèses qu'on ne peut s'empêcher de faire pour expliquer cette solution de continuité, Marfan semble avoir choisi la moins soutenable, je dirai même la plus hasardée. La voici, du reste, telle qu'il l'expose dans la seconde partie de sa notice :

« Quant un anthelminthe réussit, c'est-à-dire quand le patient expulse la tête, c'est que le Ténia a été surpris avec sa tête non adhérente à la paroi. Pour le Ténia inerme, il semble même prouvé que la tête qui a quitté la paroi peut aller se fixer sur un anneau : comme le *Solium* est armé, quand il se fixe sur un anneau, rien de plus aisé à comprendre et à admettre qu'il pratique une légère érosion à la cuticule. Or cette érosion est suffisante pour permettre la destruction par digestion d'une partie de l'anneau. »

J'admets que la cuticule une fois détruite, une digestion s'opère ayant pour résultat une perforation, car l'examen microscopique des tissus montre, en effet, qu'il y a une dissolution opérée plutôt qu'une macération ; mais ce que je ne puis absolument pas admettre, c'est que la cuticule soit détruite au contact de la tête du ver. Le seul fait que l'érosion apparaît en même temps sur les deux faces des lignes interannulaires parle suffisamment contre cette hypothèse.

Je rappelle que les deux Bothriocéphales larges, aux anneaux troués, faisaient partie d'une collection de 90 parasites de cette même espèce évacués en une seule fois par la même personne. Ces 90 vers se trouvaient donc tous placés dans les mêmes con-

¹ Küchenmeister. *Die in und an dem Körper des lebenden Menschen vorkommenden Parasiten*. Leipzig, 1855.

ditions, tous étaient soumis aux variations d'un même milieu ambiant et seulement deux d'entre eux se trouvaient avoir des anneaux perforés. On a de la peine, en présence d'un cas pareil, à se représenter un microbe intestinal n'accomplissant son travail destructeur que sur deux de ces 90 parasites; mais il faut une certaine imagination, me semble-t-il, pour se représenter deux scolex se détachant de la muqueuse intestinale pour venir se frotter contre quelques articles, ou plutôt entre quelques articles, et provoquer ainsi une érosion de la cuticule.

Leuckart¹, discutant les opinions émises sur les causes des perforations chez le *Tænia saginata*, ne se prononce cependant pas. Voici ce qu'il pense à propos de l'hypothèse de Küchenmeister :

« Auch Küchenmeister hat schwerlich das Richtige getroffen wenn er die Durchlöcherung einfach für eine Verdauungserscheinung hält; das Aussehen des Wurmes, die Glätte und Beschaffenheit der Wundränder, die Dauer des Uebels — das Alles sind momente die mit dieser Deutung schwer sich vereinigen lassen. »

Quelle est donc la cause première des perforations? Je l'attribue, pour ma part, à un développement irrégulier, anormal de la cuticule de quelques anneaux chez certains vers, constituant une sorte d'état pathologique, complété par une action digestive externe, mais qui disparaîtra au bout d'un certain temps et cela pendant la croissance des anneaux et de la chaîne.

Les dimensions des proglottis, la forme de l'utérus, voire même l'épaisseur de la musculature varient, on le sait, chez des individus appartenant à la même espèce, pour les anneaux d'un même ver. Je ne vois pas pourquoi l'enveloppe tégumentaire seule échapperait aux variations individuelles et devrait toujours être de même nature, avoir partout la même épaisseur. Rien ne parle contre la possibilité d'admettre que, parmi les Cestodes appartenant aux espèces *Tænia solium*, *saginata* ou à l'espèce *Bothriocephalus latus*, il ne s'en trouve pas quelques rares exemplaires dont l'enveloppe tégumentaire soit plus mince ou de nature différente sur ou entre certains anneaux, permettant ainsi au suc digestif d'opérer pendant un certain temps un travail d'érosion. Si des différences individuelles s'observent même dans la conformation de l'appareil sexuel chez les Ténias et

¹ Leuckart. S. 581.

Bothriocéphales, à plus forte raison l'enveloppe tégumentaire doit en présenter, puisqu'elle est la première exposée aux variations du milieu ambiant.

Lausanne, le 30 avril 1888.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

- Fig. 1. Fragment de *Tenia saginata* avec perforations interannulaires. Gross. 2 fois.
- 2. Fragment de *Bothriocephalus latus* avec perforations interannulaires. Gross. 2 fois.
- 3. Idem, avec perforation interannulaire et fente. Gross. 2 fois.
- 4. Coupe de proglottis perforé de *Tenia saginata*; les bords de la perforation seuls ont été dessinés; *c.* cuticule; *c. s. c.* couche sous-cuticulaire; *m.* couche musculaire. Gross. Zeiss $\frac{2}{A}$.
- 5. Coupe passant en arrière de la précédente; *c.* cuticule; *c. s. c.* couche sous-cuticulaire; *p. e.* parenchyme externe; *A.* bords de la perforation soudés. Gross. Zeiss $\frac{2}{A}$.
- 6. Idem; la soudure est plus avancée; *m. a.* musculature annulaire; *m. l. o.* musculature longitudinale oblique; *A.* bords et parenchymes soudés. Gross. Zeiss $\frac{2}{A}$.
- 7. Idem. Bords de la perforation soudés sur les deux faces; soudure presque complète du parenchyme; *A'*. cavité représentant un reste de la perforation; *c.* reste de la couche sous-cuticulaire d'érosion; *m. l.* musculature longitudinale. Grossissement Zeiss $\frac{2}{A}$.
-



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

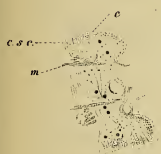


Fig. 4

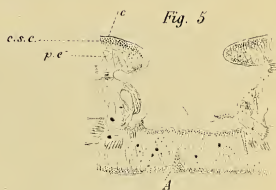


Fig. 5

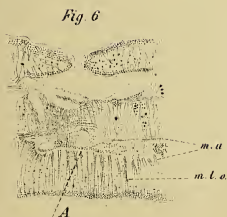


Fig. 6

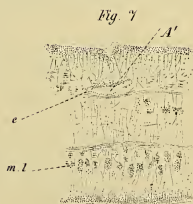


Fig. 7

HYPOTHÈSE SUR L'ORIGINE DES COMÈTES

PAR

Etienne GUILLEMIN,
ingénieur.

Les comètes se distinguent des planètes par leur faible masse, par leurs orbites très allongées, même paraboliques ou hyperboliques, par l'inclinaison de ces orbites, souvent très grande et s'écartant quelquefois jusqu'à 90° du plan de l'écliptique; enfin, par le sens de leur mouvement qui est direct pour les unes, rétrograde pour les autres.

En se basant sur ces différences caractéristiques, tous les astronomes sont tombés d'accord pour attribuer aux comètes, soit une origine étrangère à notre système, auquel elles auraient été fixées par l'attraction des grosses planètes, soit, dans tous les cas, un mode de formation autre que celui du système planétaire.

Lorsqu'une comète commence à être visible, elle apparaît ordinairement sous forme d'une petite nébulosité plus ou moins arrondie; mais à mesure qu'elle s'approche du soleil, elle se déforme et s'allonge: la queue, toujours opposée au soleil et dans le prolongement du rayon vecteur, se développe d'autant plus que la comète se rapproche davantage de son centre d'attraction; cette queue peut atteindre des longueurs extraordinaires, de plusieurs millions de lieues.

La comète fuse, comme dit M. Faye¹, qui attribue le phénomène à une force répulsive émanant du soleil, laquelle agirait proportionnellement à la surface des corps et non, comme la gravitation, proportionnellement à la masse.

L'ingénieuse explication de M. Faye est cependant combattue par l'un de ses collègues, M. Camille Flammarion², l'infatigable auteur de tant d'ouvrages scientifiques et populaires, qui objecte

¹ V. *Annuaire* du bureau des longitudes, 1883.

² V. *Astronomie populaire*, par Camille Flammarion.

avec raison qu'on ne conçoit pas comment de la matière pondérable peut se mouvoir avec une vitesse aussi prodigieuse.

Quelques comètes, telles que celles de 1843, 1880, 1882 et I de 1887, ont frôlé le disque solaire avec une vitesse de 300 à 500 kilomètres par seconde; cependant la queue de plusieurs d'entre elles dépassait l'orbite terrestre et suivait le mouvement, toujours dans le prolongement du rayon vecteur. La partie de la queue la plus éloignée du soleil avait donc une vitesse de 60,000 à 90,000 kilomètres par seconde, c'est-à-dire, environ un quart de celle de la lumière; c'est pourquoi M. Flammarion estime qu'il y a, là, quelque phénomène dû à de la matière impondérable.

Les opinions des deux illustres astronomes ne sont pas si opposées qu'il le semble au premier abord et me paraissent conciliables :

En effet, la force répulsive, imaginée par M. Faye pour expliquer ces curieux phénomènes cométaires, étant proportionnelle à la surface, son importance relativement à la gravitation est d'autant plus grande que la matière est plus divisée.

Les corpuscules cométaires étant supposés sphériques, la surface de chacun d'eux est en raison du carré de leur diamètre, tandis que la masse de ces mêmes corps est proportionnelle à leur volume, ou au cube de leur diamètre.

Le rapport des forces répulsive et attractive est donc le même que celui de la surface au volume, ou celui du carré au cube du diamètre.

La force répulsive étant représentée par F , la force attractive par G , le diamètre par d et a étant un coefficient, on peut poser :

$$\frac{F}{G} = a \frac{d^2}{d^3} = \frac{a}{d}$$

De cette formule, on tire la conclusion suivante :

Le rapport de la force répulsive à la force attractive est en raison inverse du diamètre des molécules soumises à l'action des dites forces.

Si les molécules deviennent très petites, la force répulsive peut l'emporter sur la gravitation; si celles-ci deviennent infiniment petites, réduites à l'état atomique, la force attractive s'annule relativement à la force répulsive.

On arrive ainsi à la notion d'une matière impondérable, soit à celle de l'éther universel, dont les parties constituantes se re-

poussent au lieu de s'attirer et qui, en conséquence, remplissent l'espace infini, comme j'ai cherché à le démontrer dans la première partie de ce travail ¹.

Etant donné deux forces : l'une attractive et proportionnelle à la masse, l'autre répulsive et proportionnelle à la surface, l'état pondérable ou impondérable de la matière s'explique dès lors d'une manière simple, par la division plus ou moins grande de ses molécules.

Sous l'influence de la chaleur solaire, les particules nébuleuses, déjà très ténues, se divisent de plus en plus et tendent à redevenir impondérables; elles se repoussent entre elles et sont repoussées au loin, en entraînant des molécules pondérables plus grosses; celles-ci sont dispersées dans l'espace et perdues pour le système solaire.

Mais l'influence de la chaleur n'est cependant pas suffisante pour expliquer complètement ces phénomènes cométaires, car la comète de Biéla, lors de son passage au périhélie, en 1846, s'est séparée en deux. Or, si les tronçons avaient été soumis à la seule action calorifique, ils se seraient peu à peu rapprochés à mesure qu'ils s'éloignaient du soleil et se refroidissaient. Au contraire, lors du retour de la comète, en 1852, les deux parties séparées s'étaient encore éloignées l'une de l'autre.

On a retrouvé cette comète le 27 novembre 1872 sous forme de pluie d'étoiles filantes.

Il est donc bien permis de supposer que le phénomène est dû, non-seulement à une action calorifique, mais encore à une force répulsive plus générale, tout aussi universelle que la gravitation elle-même.

La partie de la nébulosité cométaire, qui s'élance ordinairement en ligne droite du côté opposé au soleil, paraît présenter une certaine analogie avec la matière radiante de M. Crookes, et, selon toute probabilité, l'action électrique joue ici un rôle important, comme l'avaient déjà supposé Olbers et Herschell ².

Une comète fuse, mais les éléments de la queue, assez divisés pour devenir impondérables, s'enfuient avec la vitesse d'un courant électrique traversant des gaz raréfiés.

¹ *L'Origine des comètes* est un chapitre détaché d'un mémoire plus étendu intitulé : *Réversibilité des forces physiques*, dont le commencement a déjà été exposé à la Société vaudoise des Sciences naturelles.

² V. *Les Comètes*, par Amédée Guillemin. — *Annuaire* du bureau des longitudes, 1883.

Quoi qu'il en soit des hypothèses plus ou moins hasardées que l'on peut se permettre sur la nature des forces répulsives, ce qui paraît certain, c'est l'existence même de ces forces, exerçant une action sensible sur les parties les plus divisées et sur les moins denses de la matière.

Un autre phénomène cométaire, plus important pour nous, se présente dans le noyau ou dans son voisinage : les matériaux de la chevelure, plus denses et plus volumineux que ceux de la queue, s'éloignent aussi les uns des autres sous l'influence de la chaleur solaire et deviennent indépendants ; mais ils continuent à suivre l'orbite de la comète avec des vitesses différentes, suivant leurs distances au soleil, c'est-à-dire avec des vitesses qui dépendent de la longueur de leur rayon vecteur, absolument comme le font les planètes.

De ce fait, il résulte qu'à chacun de leurs passages au périhélie, les comètes se désagrègent et leurs éléments se dissipent le long de l'orbite en formant des essaims et même des anneaux de corpuscules que la terre peut traverser dans sa course ; l'atmosphère est alors illuminée par des pluies d'étoiles filantes et rarement, par des chutes de bolides.

Cependant, M. Flammarion fait remarquer que les bolides ont des vitesses considérables et ordinairement paraboliques. Il n'y a donc pas identité entre eux et les étoiles filantes : On peut prévoir l'apparition des étoiles filantes, mais non celle des bolides.

D'après M. Flammarion, un seul bolide a été reconnu comme présentant une orbite elliptique, c'est celui qu'on a aperçu en Angleterre, le 27 novembre 1872, le jour même de la pluie d'étoiles filantes provenant des débris de la comète de Biéla.

M. F.-A. Forel cite aussi la chute d'un aérolithe tombé à Mazapil (Mexique), le 27 novembre 1885, pendant l'apparition de l'essaim provenant de la même comète.

Reportons-nous maintenant, non pas à l'origine même du système solaire, mais après les premiers temps de sa formation.

Les planètes et le soleil étaient déjà condensés à l'état de globes incandescents et tout l'ensemble formait un groupe d'étoiles multiples.

Cependant, les parties les plus récentes, les plus divisées de la nébulosité primitive, n'avaient encore pu se condenser, repoussées qu'elles étaient, sous l'influence de la chaleur émise par le soleil et son cortège de satellites.

Le système solaire présentait donc, pour les observateurs des planètes habitables, dépendantes des astres plus ou moins voisins, plus ou moins éloignés, l'aspect d'une immense nébuleuse au sein de laquelle on apercevait quelques étoiles brillantes.

Cette période d'évolution de notre monde se manifeste encore aujourd'hui en d'autres points du ciel, et il n'est aucun possesseur de lunette, même ordinaire, qui par une belle nuit d'hiver n'ait admiré la splendide nébuleuse de l'Orion ; il est peu de personnes s'intéressant aux choses du ciel qui n'en aient vu au moins un dessin.

On aperçoit au-dessous de la ceinture de l'Orion un groupe de six étoiles, formant le système θ et entouré d'une vaste nébulosité, occupant un espace tel, qu'on la voit sous un angle de 4° à 5° d'après Secchi, angle qui correspondrait, d'après M. Flammarion, à une étendue de plus d'un trillion de lieues. Chacun peut remarquer que la nébulosité n'a guère l'apparence d'un monde en état de condensation, tel qu'on se le représente d'après l'hypothèse de Laplace et tel que devait être le système solaire à l'origine.

La nébuleuse de l'Orion présente au contraire, du moins pour la plus grande partie, toute l'apparence d'une vapeur légère repoussée au loin, exactement comme le sont les queues des comètes.

La nébuleuse de l'Orion, avec ses six étoiles, se trouve actuellement dans la même période d'évolution où se trouvait notre monde solaire, il y a quelques millions d'années.

Celui-ci était donc autrefois plongé au sein d'une vaste nébulosité phosphorescente de gaz, de poussières et de corpuscules cosmiques repoussés par la chaleur.

Une partie de la nébulosité, formée des poussières les plus ténues, fut projetée assez loin pour nous abandonner tout à fait et se perdre dans les endroits déserts, les plus froids de l'espace, où elle put se condenser peu à peu et servir de germe, de noyau élémentaire à de nouveaux mondes.

D'autres parties de la nébulosité, après un long voyage qui leur a laissé le temps de s'agglomérer plus ou moins, sont allées, précipitant leur course, tourner autour de quelques soleils éloi-

gnés, y acquérir une orbite elliptique et, pauvres voyageuses, se sont dissipées peu à peu, comme le font près de nous les comètes, en jetant peut-être l'épouvante chez les peuples superstitieux des autres mondes.

Enfin, la plus grande partie de la nébulosité est restée attachée à notre système solaire, a formé des comètes, beaucoup plus nombreuses alors qu'aujourd'hui et, comme les comètes actuelles, s'est dissipée en formant de vastes anneaux, bien autrement importants que ceux rencontrés et traversés de nos jours par la terre.

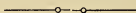
Ces traînées ou ces anneaux de corpuscules cosmiques ont disparu successivement, absorbés par les planètes et surtout par le soleil, en contribuant à l'entretien de la chaleur et à l'augmentation des masses déjà condensées.

Les mouvements des corpuscules indépendants dont les anneaux sont formés, ont nécessairement donné lieu à des chocs; ceux-ci leur ont fait perdre de la vitesse, en sorte que les anneaux se sont rétrécis peu à peu, comme l'explique M. Tait au sujet des anneaux de Saturne¹, et les corpuscules ont fini par tomber sur les centres d'attraction.

Pendant la longue série de siècles qu'il a fallu pour former ces anneaux, la terre s'est refroidie, la vapeur d'eau s'est condensée et la vie a commencé à la surface du globe.

Nous examinerons prochainement quelle a été l'influence probable exercée sur le relief du sol et sur le climat, par ces poussières, corpuscules ou nébulosités cosmiques, qui ont traversé l'orbite terrestre dès les temps anciens.

¹ V. *Conférences sur les récents progrès de la physique*, par P.-G. Tait, traduit de l'anglais par M. Krouchkoll.



SUR LA RÉSISTANCE DES VÉGÉTAUX

A DES CAUSES QUI ALTÈRENT L'ÉTAT NORMAL DE LA VIE

par J.-B. SCHNETZLER

Les sources de Carlsbad, en Bohême, renferment différentes espèces d'*Oscillaria*; l'espèce la plus commune est *Oscillaria amphibia* Ag.

Cohn a trouvé cette espèce dans des eaux de Carlsbad dont la température s'élevait jusqu'à 44° R.

En 1886, j'ai trouvé dans la même localité, au mois de septembre, *O. amphibia* dans le bassin dans lequel coule l'eau du Neubad, qui a une température de 60° C. Dans l'eau du Sprudel (72° C.), on trouve les mêmes *Oscillaria*; mais celles qui sont entièrement plongées dans l'eau sont mortes.

Les ouvrages de botanique mentionnent plusieurs cas où des végétaux ont résisté à de hautes températures; mais une critique scientifique réduirait probablement le nombre des cas cités.

Ehrenberg parle, par exemple, d'une *Oscillaria* vivant dans les sources chaudes d'Ischia, à une température de 81° à 85° C.

John Daulby, de Liverpool, cite une chara de l'Islande qui fructifie dans une eau chaude de l'île, eau dans laquelle un œuf fut cuit en quatre minutes. Dunbar et Hunter trouvaient dans la Louisiane des sources de 24° à 50° R. dans lesquelles croissaient non-seulement des conferves et des plantes herbacées, mais aussi des plantes ligneuses. Sonnerat cite, dans l'île de Luçon, une source chaude de 60° R. dans laquelle il vit fleurir de petites plantes d'une espèce de *Vitex*. Humboldt trouvait dans les régions tropicales de l'Amérique des sources de 40° à 60° R., dans lesquelles croissaient certains végétaux (lesquels?). Tous ces faits sont relatés dans le « Lehrbuch der Botanik » de Bischoff, 1839; mais je le répète, nous les citons ici sous toute réserve.

D'après des observations plus récentes¹, la plupart des grains de pollen séchés à l'air supportent, sans perdre leur action fécondante, pendant une demi-heure, une température de 90° C.

Des spores d'*Ustilago carbo* supportent dans l'air sec une

¹ Rittinghaus, Bot. Centralblatt, N° 23-24, p. 300, 1887.

température de 100° à 120°; mais dans l'air saturé de vapeur d'eau, elles meurent après une exposition d'une heure à une température de 58°.5 à 60° C. (Hoffmann). D'après Pasteur, des spores de *Penicillium glaucum* supportent dans l'air sec une température de 108°, tandis qu'elles sont tuées dans de l'eau de 100° C.

J'ai vu le *Bacterium subtile* (Heubacterium) résister pendant plus d'une heure dans de l'eau de 100° C.

La force de résistance à de hautes températures varie, du reste, beaucoup suivant les végétaux.

D'après Sachs et de Vries (Pfeffer, Pflanzenphysiologie), des plantes phanérogames plongées dans de l'eau de 51° à 52° C. meurent au bout de 10 à 30 minutes.

La résistance contre des températures basses est souvent très remarquable. Rittinghaus (loc. cit.) fait voir que des grains de pollen conservent leur vitalité à une température de — 20° C. D'après les belles observations de M. Casimir de Candolle, des graines de trèfle, par exemple, conservent leur force germinatrice après une exposition de six heures à une température de — 80° C.

Pfeffer (loc. cit.) dit : Nous ne connaissons pas la cause pour laquelle telle plante à l'état turgescent résiste mieux à de hautes températures qu'une autre.

Le même auteur ajoute que ce sont surtout les sources chaudes qui nous présentent les plus hautes températures supportées à la longue par des organismes, d'autant plus que ce sont principalement les organismes les plus résistants qui se sont trouvés dans le milieu à haute température ou qu'il s'y est produit, avec le temps, des formes particulièrement résistantes.

On a trouvé qu'en général des sources au-dessus de 54° C. ne peuvent plus contenir des organismes végétaux vivants, tandis qu'ils peuvent supporter un réchauffement jusqu'à 60° C. dans de la vapeur d'eau (Pfeffer, loc. cit.).

Nous avons vu que l'*Oscillaria amphibia* vivait à Carlsbad dans l'eau de la source du Neubad à une température de 60° C.

La résistance de cette *Oscillaria* pourrait s'expliquer jusqu'à un certain point par la présence d'une matière gélatineuse qui entoure ses filaments. Vaucher (Histoire des Conferves d'eau douce, 1803) a donné le nom de *substratum* à la matière qui accompagne les *Oscillaria*. C'est, dit-il, une matière douce et onctueuse au toucher, une espèce de feutre dans lequel se trouve

les oscillaires. C'est une espèce d'habitation qui leur est propre, qui les protège et les défend lorsque le froid ou la sécheresse les exposent à périr. Cette substance n'est pas toujours également abondante dans la même espèce. Lorsque les Oscillatoires ont vécu pendant longtemps dans le même milieu, elle est ordinairement plus épaisse. Celles que le citoyen DeSaussure avait apportées des eaux d'Aix en 1789 (33°-37° R.), que, depuis, le citoyen Boissier a retrouvées vivantes dans le même bassin et que je viens de recevoir, avaient leur feutre extrêmement épais (Vaucher, loc. cit.).

Les sources de Carlsbad tiennent en solution une grande quantité de carbonate de calcium, grâce à l'acide carbonique qu'elles contiennent. Les Oscillaria décomposent l'acide carbonique en exhalant de l'oxygène. Le carbonate de calcium se dépose alors en masses cristallines sur le mucilage des Oscillaria, ce qui augmente encore leur enveloppe protectrice.

Il me semble cependant que cette enveloppe ne suffit pas pour expliquer la résistance des Oscillaria à une température qui dépasse le maximum admis pour la continuation de la vie végétale.

Lorsque nous voyons le protoplasma des bactéries qui renferme des matières albumineuses, résister dans l'eau pendant plus d'une heure à la température de 100° et conserver néanmoins toutes ses propriétés vitales et la faculté de se reproduire, il faut qu'il y ait une autre cause à cette résistance qu'une enveloppe gélatineuse ; car l'albumine se coagule hors de l'organisme à une température de 65° C.

Le protoplasma vivant possède des énergies dont nous ne nous rendons pas encore bien compte. Lorsque, dans nos laboratoires, nous voulons séparer une partie de l'oxygène du dioxyde de carbone, nous faisons passer ce gaz sur des charbons incandescents, tandis que le protoplasma vivant d'une cellule qui renferme de la chlorophylle, éclairée par le soleil, opère la réduction du même gaz à une température relativement basse.

Le protoplasma des algues d'eau douce, par exemple des Spirogyra, renferme beaucoup de tannin. Lorsqu'on plonge ces algues dans la solution d'un sel de fer, la réaction si caractéristique qui démontre la présence du tannin ne se produit qu'après la mort du protoplasma.

Le substratum de la vie, le protoplasma, dans lequel la résultante des forces chimiques et physiques produit l'état que nous

appelons la vie, présente une résistance remarquable à toutes les actions qui pourraient troubler l'harmonie de ces forces.

Cette résistance, qui varie suivant les individus, a toujours pour but de maintenir l'intégrité de l'organisme; elle atteint plus facilement ce résultat, lorsque l'organisme est plus simplement constitué, et que l'équilibre qui existe entre ses forces est plus stable; tandis que, dans les organismes plus compliqués, cet équilibre est plus facile à troubler. Même parmi les organismes inférieurs, Schizomycètes, Oscillaria, Spores de champignons, etc., nous trouvons des degrés de résistance bien différents.

Lorsque les premières Oscillaria ont apparu dans les eaux qui s'étaient formées à la surface de notre planète, ces eaux ont dû présenter, à la suite de la condensation des vapeurs qui les ont produites, une température relativement élevée. Les Oscillaria qui vivent aujourd'hui dans une eau de 54° à 60° C. se sont adaptées aux conditions d'existence de leurs ancêtres.

Les diatomées, dont le protoplasma est protégé par une enveloppe siliceuse, supportent les températures les plus variées. On les trouve vivant aussi bien dans l'eau des glaciers que dans les sources chaudes de Carlsbad.

Leurs formes varient peu suivant les latitudes.

Dans les régions polaires et les régions équatoriales, on trouve les mêmes formes, ou du moins des formes analogues à celles que nous trouvons dans les différentes parties de l'Europe.

Cette résistance à des températures si différentes nous explique en partie la persistance de certaines espèces de diatomées à travers les différentes époques géologiques.

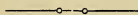
Castracani a découvert, dans les houilles de l'Angleterre, un assez grand nombre de diatomées se rapportant toutes aux types de l'époque actuelle. Huit espèces de ces diatomées fossiles vivent encore aujourd'hui et ont par conséquent traversé sans modification toute la longue suite de l'ère secondaire et tertiaire. Ce sont : *Fragillaria Harrisoni* Sm., *Epithema gibba* Ehr., *Sphenella glacialis* Ktz., *Gomphonema capitatum* Ehr., *Nitschea curvula* Ktz., *Cymbella scotica* Tm., *Synedra vitrea* Ktz., *Diatoma vulgare* Bory. (Saporta et Marion, Evolution du règne végétal, Cryptog., 1881, p. 65.)

Si dans certains organismes, comme les diatomées, par exemple, nous voyons des faits qui dénotent une grande résistance vitale, il existe, en revanche, des causes qui la diminuent et qui rendent les organismes non-seulement moins résistants à des

hautes ou à des basses températures, mais en général plus accessibles à toutes les actions qui troublent leur vie normale. Parmi ces causes affaiblissantes, nous trouvons, par exemple, les conditions défavorables à la nutrition. Ainsi, d'après Pfeffer, des graines se trouvant dans l'eau qui manque d'oxygène perdent de leur résistance vitale.

Saporta (Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme, 1879) dit : « La vie est le plus merveilleux comme le plus incompréhensible des phénomènes. » Eh bien, un des côtés les plus importants de ce phénomène, c'est la tendance des organismes à maintenir leur intégrité, c'est-à-dire la résistance plus ou moins énergique qu'ils opposent aux actions qui pourraient troubler ou faire cesser le phénomène de la vie.

Autrefois on voulait expliquer tous les phénomènes de la vie par une force (force vitale); aujourd'hui on les attribue à une matière qui forme le substratum de la vie (protoplasma); mais, quand même on admet que force et matière sont inséparables, le problème est bien loin d'être résolu; car lorsque le protoplasma est mort, les actions physiques et chimiques dont il est le siège sont bien différentes de celles qu'il présente pendant la vie. La réponse au pourquoi ? nous manque encore.



Sur un cas de germination de *Ranunculus aquatilis* L.

par J.-B. SCHNETZLER.

De la vase très compacte prise dans le bord du lac de Bret, en automne 1887, fut placée dans un bocal au fond duquel elle formait une couche de 5 centimètres d'épaisseur; au-dessus de cette vase se trouvait une couche d'eau de 30 centimètres.

Au mois de novembre, on vit sortir de la vase des racines blanches qui atteignaient une longueur de 3 cm.; elles se dirigeaient toutes de bas en haut, c'est-à-dire elles présentaient la direction prise sous l'influence d'un géotropisme négatif. La tigelle restait enfermée dans les téguments de la graine qui, examinée à la loupe, montrait l'aspect de celle de la Renoncule aquatique. La température moyenne de la chambre était de 10°C. En enlevant délicatement ces racines avec la graine et en les plaçant dans un tube contenant de l'alcool (60 %), il se formait autour de la graine ouverte une masse floconneuse d'un blanc grisâtre qui, examinée au microscope, se composait entièrement de lamelles cristallines dont les arêtes apparaissaient au foyer sous forme de fines aiguilles. Ces lamelles, ordinairement rayonnantes autour d'un point central, étaient de la Leucine (voir Dr Otto Funke, Atlas der physiologischen Chemie, Taf. III, fig. 6). La Leucine qui me fut donnée par mon savant collègue, M. le prof. H. Brunner, était identique avec celle provenant de la graine de *Ranunculus aquatilis*.

On sait aujourd'hui que les matières albumineuses des cotylédons et de l'endosperme des graines se dissocient pendant la germination en amides et amidoacides (Asparagine, Tyrosine, Leucine, Glutamine), qui passent à l'état soluble dans les cellules de l'embryon, où, en présence d'hydrates de carbone, ils reconstituent les matières albumineuses.

Jusqu'à présent on a surtout trouvé l'Asparagine en quantité considérable chez les plantes supérieures. La Leucine, qui se trouve dans le cerveau, le foie, les poumons, dans du fromage

en décomposition (Käse oxid.), etc.¹, n'a été guère constatée chez les plantes supérieures².

Pfeffer (Pflanzenphysiologie, I. B., p. 294, 1881) dit : Il n'est pas encore constaté que la Leucine et la Tyrosine se trouvent généralement dans les plantes supérieures.

La présence de la Leucine, qui s'est formée en quantité considérable pendant la germination des graines de *Ranunculus aquatilis*, nous fait connaître le cas d'une plante supérieure où nous trouvons cet amide.

OBSERVATIONS

faites pendant l'éclipse de lune du 3 août 1887,

par Ch. DUFOUR, professeur, à Morges.

Dans la soirée du 3 août 1887, nous avons eu une éclipse partielle de lune, pendant laquelle, au moment de la plus grande phase, les 0.419 du diamètre de ce luminaire étaient cachés; par conséquent la partie qui restait lumineuse était bien plus grande que la moitié de la surface de notre satellite; c'est-à-dire qu'elle était plus grande qu'au 1^{er} quartier. Or il était évident que pendant cette éclipse, la lumière de la lune était beaucoup plus faible qu'au 1^{er} quartier. On le voyait par le peu d'intensité des ombres, par le peu de visibilité générale dans la campagne, et par la nécessité des becs de gaz pour y voir dans les rues.

Ceci est la conséquence du fait que la partie lumineuse de la lune, lors même qu'elle n'était pas dans l'ombre de la terre, passait dans la pénombre; par conséquent elle était moins éclairée et son éclat était sensiblement diminué.

Du reste, j'avais fait, antérieurement, plusieurs observations pareilles, quand la lune était dans la pénombre de la terre, soit

¹ M. le prof. Bischoff a trouvé une quantité très considérable de Leucine dans les intestins d'une personne morte à la suite d'un empoisonnement avec de l'arsenic.

² Voir Reinke, Lehrbuch der allgemeinen Botanik, p. 77, 1880.

avant ou après une éclipse, soit quand la lune passait dans la pénombre sans qu'il y ait éclipse, ce qui arrive quelquefois. J'avais pu constater que la lumière de la lune était alors sensiblement plus faible que dans les pleines lunes ordinaires. La lune dans le ciel paraissait également belle, mais cependant on pouvait constater que sa lumière était plus faible, soit en essayant de lire certains caractères qu'on lit facilement avec la pleine lune, soit en essayant de voir l'heure à une montre, soit enfin en appréciant la distance à laquelle on peut reconnaître quelqu'un sur une route ou sur une promenade.

Cette éclipse du 3 août a présenté un autre intérêt. Non-seulement au moment de la plus grande phase, mais sensiblement avant ou après, on pouvait voir toute la surface du disque lunaire. Malgré la lumière que donnait la partie non éclipsée, on pouvait reconnaître la partie éclipsée et l'arc qui la terminait, à cause de cette teinte rouge sombre qui, dans l'immense majorité des cas, permet de voir la lune dans le firmament, lors même qu'elle est totalement éclipsée.

Cette teinte rouge est attribuée à la lumière du soleil réfractée par l'atmosphère de la terre et qui pénètre dans le cône d'ombre. Cependant, dans quelques cas rares, en moyenne une fois par siècle à peu près, on ne voit pas cette lumière rouge et la lune disparaît entièrement pendant ses éclipses totales. Ce fait a été attribué aux nuages qu'il y avait alors dans notre atmosphère et qui interceptaient les rayons du soleil.

Mais, chose curieuse, ce fait si rare s'est produit deux fois pendant l'année 1884, c'est-à-dire pendant les deux éclipses totales de cette année-là, et qui furent observées : la première, le 10 avril dans l'île de Java, et la deuxième, le 4 octobre en Europe.

Ne pourrait-on pas attribuer ces deux disparitions de la lune, pendant l'année 1884, au trouble qu'il y avait alors dans notre atmosphère, et qui était causé probablement par l'éruption du Krakatoa, le 26 août de l'année précédente ? Ce trouble se manifestait, d'ailleurs, de différentes manières, d'abord par la difficulté de distinguer de jour la planète Vénus quand elle était à son maximum d'élongation, ainsi que la lumière zodiacale au printemps de 1884, et même par des nuits sereines les étoiles de grandeur inférieure ; par ces cercles colorés que l'on observa

pendant longtemps autour du soleil, et surtout par les magnifiques lueurs qui ont embelli les aurores et les crépuscules pendant l'hiver de 1883 à 1884, et qui, pendant longtemps encore, ont continué en s'affaiblissant.

Depuis 1884, il n'y a eu aucune éclipse totale de lune, mais il y a eu deux éclipses partielles, l'une le 30 mars 1885 et l'autre le 24 septembre de la même année. Elles ont été toutes les deux presque invisibles pour nous. La première finissait à peu près au moment du lever du soleil, la seconde commençait au moment du coucher de cet astre; de façon qu'en fait d'éclipse, nous n'avons guère vu que la lune passant à travers la pénombre.

L'éclipse du 3 août 1887 est donc, depuis 1884, la première pendant laquelle nous avons pu voir la région obscure; or cette fois, la couleur rouge sur cette région était très sensible soit avec une lunette, soit même à l'œil nu.

C'est une preuve que notre atmosphère a repris, du moins en grande partie, la transparence qu'elle avait momentanément perdue en 1884.

On peut se demander, maintenant, si la disparition totale de la lune dans quelques éclipses antérieures était réellement produite par les nuages de notre atmosphère, qui auraient intercepté les rayons du soleil?

Il est difficile, en effet, d'admettre que ces nuages aient existé sur toute une zone, située autour de la circonférence du grand cercle, suivant laquelle les rayons du soleil étaient tangents au sphéroïde terrestre, et cela d'autant plus qu'il y a des régions du globe où il ne pleut presque jamais et où le ciel est presque continuellement serein.

Mais à la fin de 1883 et pendant l'année 1884, l'atmosphère tout entière était encore troublée par la catastrophe arrivée dans le détroit de la Sonde, car sur tout le globe on a eu les lueurs crépusculaires et les cercles lumineux autour du soleil. C'était donc une circonstance très favorable pour arrêter les rayons du soleil qui auraient pu arriver sur la lune.

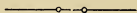
Cela est bien plus probable qu'un arrêt de cette lumière par les nuages, d'autant plus que les substances qui troublaient l'atmosphère en 1883 et 1884 étaient beaucoup plus élevées. J'ai fait voir qu'en décembre et en janvier ces lueurs étaient produites à une hauteur de 70 kilomètres. A cette altitude, la pression barométrique n'est pas même de 0.12 de millimètre. Les nuages

et les cirrus les plus élevés restent bien au-dessous de ces régions et n'existent pas dans une atmosphère aussi rare ; par conséquent, au-dessus des nuages, il resterait une couche atmosphérique assez considérable à travers laquelle la lumière pourrait encore passer, tandis que les substances qui s'y trouvaient en 1883 et 1884 laissaient au-dessus d'elles une couche d'air bien plus faible.

On peut donc admettre que les disparitions du disque lunaire au moment de ses éclipses totales, constatées dans les siècles précédents, étaient causées, non par des nuages, comme on l'a cru jusqu'ici, mais par des troubles de notre atmosphère, analogues à celui qu'a produit le Krakatoa en 1883.

Le 28 janvier prochain nous aurons une éclipse totale de lune. Dans les localités où le ciel sera assez clair pour qu'elle puisse être observée, il sera intéressant de faire attention à la teinte qu'aura notre satellite pendant l'éclipse totale.

Les personnes qui se souviennent des éclipses antérieures pourront alors essayer de comparer la couleur de la lune éclipsée avec la couleur qu'elles ont vue autrefois. Malgré la difficulté qu'il y a à faire une telle comparaison entre une teinte que l'on voit et une teinte dont on a seulement le souvenir, ce sera peut-être une bonne manière de reconnaître, en le voyant sur la lune, si notre atmosphère a repris toute la transparence qu'elle avait avant 1883.



ESSAI D'UNE APPLICATION DES PRINCIPES DE LA MÉCANIQUE

A

L'ÉCOULEMENT DES GLACIERS

PAR LE

D^r A.-A. ODIN,

Professeur agrégé à l'Académie de Lausanne.

Pl. II et III.

En août dernier, nous eûmes, M. le prof. D^r Forel et moi, un entretien sur la question si controversée de l'écoulement des glaciers; M. Forel ayant soulevé la difficulté de trouver les causes de la périodicité des phases de crue et de décrue, me demanda si je croyais qu'il fût possible d'y arriver par voie mathématique. Au premier abord, la chose me parut trop hasardée pour l'entreprendre, mais en y réfléchissant mûrement, je me persuadai qu'il serait utile d'examiner de près une question aussi intéressante. Je l'ai fait, et, après de nombreuses tentatives, je suis arrivé, non à résoudre la difficulté elle-même, mais à en dégager la question primordiale des lois qui président à l'écoulement d'un glacier. Quant au problème lui-même posé par M. le prof. Forel, je crois nécessaire, pour chercher à le résoudre, d'attendre que les résultats des observations du C. A. S. sur le glacier du Rhône aient été publiés et qu'on ait pu juger du degré d'exactitude des formules que j'ai établies.

Avant d'entrer dans le sujet, j'ai cru devoir développer les hypothèses sur lesquelles je me base pour mettre en équations le problème si complexe de l'écoulement d'un glacier.

J'exprime ici à MM. les professeurs F.-A. Forel, à Morges, et Hagenbach, à Bâle, toute ma reconnaissance pour les bienveillantes indications qu'ils m'ont données, ainsi que pour le grand intérêt qu'ils ont apporté à cet « Essai ».

HYPOTHÈSES

L'écoulement d'un glacier étant un phénomène excessivement complexe, il ne peut être étudié mathématiquement qu'en négligeant plusieurs phénomènes accessoires et en faisant certaines hypothèses sur la forme et la constitution du névé et du glacier.

Les glaciers ont toujours une forme très irrégulière qui ne se prête pas à un calcul exact; par contre, si l'on se contente d'un résultat approximatif, on peut supposer que tout glacier, sauf quelques exceptions, se compose de deux ou de plusieurs canaux prismatiques à profils rectangulaires; l'un de ces canaux, large et rapide, représentera le névé; sa profondeur ira en croissant de la partie supérieure à la partie inférieure; un autre canal, en général plus long, moins large et moins rapide, représentera le glacier; la profondeur de la glace dans ce canal ira en décroissant de la partie supérieure à la partie inférieure. Si le glacier fait un coude, ce qui est fort souvent le cas, on le supposera formé de deux canaux droits.

L'étude de l'écoulement d'un glacier est donc ramenée à celle de l'écoulement d'une masse de neige ou de glace renfermée dans un canal prismatique rectangulaire; l'épaisseur de cette glace est variable, mais comme elle est très petite comparativement à la longueur du canal, nous pouvons considérer la surface supérieure et la surface inférieure de la glace comme étant sensiblement parallèles entre elles; ceci nous permettra de considérer la surface supérieure comme plane et de la prendre comme l'un des plans d'un système de coordonnées.

En remplaçant le glacier par un simple canal rectangulaire, nous faisons tacitement abstraction des crevasses; bien qu'il y en ait de très grandes, elles n'atteignent guère la moraine profonde et ne peuvent ainsi modifier d'une manière appréciable la marche du glacier.

On sait que la vitesse de la glace est plus forte au milieu qu'au bord; les mesures prises sur le glacier du Rhône ont montré que la relation des vitesses à différentes distances des bords se conserve très exactement sur toute la longueur du glacier, et que les trajectoires des particules de glace sont sensiblement parallèles à son axe. Ceci étant admis comme parfaitement exact et la glace étant regardée comme incompressible, la vitesse devrait être constante pour tous les points d'un même filet parallèle à l'axe; mais, comme il y a un enlèvement de matière causé par l'ablation, la vitesse des différents points d'un même filet va en décroissant de la partie supérieure à la partie inférieure¹. Toutefois, il n'y a dans le sens de la longueur de grandes variations de vitesse que près du front du glacier, c'est-

¹ F.-A. FOREL, *Archives de Genève*, tome VI, juillet 1881.

à-dire dans la partie qui a le moins d'influence sur le mouvement général. Nous ne commettrons donc pas une grande erreur en supposant que la vitesse est constante pour tous les points d'un même filet.

Ce que nous venons de dire de la vitesse du glacier, nous pouvons aussi le dire de celle du névé, quoique à la vérité avec moins de raison et moins de certitude; en effet, nous avons ici à compter avec le tassement des neiges, mais comme ce phénomène n'a pas encore été étudié jusqu'à présent d'une manière suffisante, il nous est impossible d'en tenir compte; s'il le fallait absolument, nous regarderions le névé comme formé non pas d'un seul canal, mais de deux canaux ou d'un nombre plus grand encore et il n'y aurait de cette manière rien de changé dans nos formules.

Les deux grands facteurs qui président aux mouvements des glaciers sont la pesanteur et les frottements. Nous n'avons rien à dire sur la pesanteur; par contre, il est nécessaire que nous soyons fixés au sujet des frottements.

Lorsqu'une masse visqueuse coule, elle est soumise à deux espèces de frottements: le frottement externe, soit contre les parois du canal dans lequel la masse se meut et le frottement interne.

Dans le glacier, le frottement externe est celui de la glace contre les moraines, c'est le frottement d'un corps solide contre un autre corps solide. Comme on le fait en général, nous admettrons que pour des variations minimales de la vitesse relative des deux corps, le frottement est proportionnel à la vitesse et en même temps à la pression totale que les deux corps exercent l'un sur l'autre. Nous ne nous éloignerons guère de la vérité en admettant que cette pression est semblable à une pression hydrostatique, c'est-à-dire qu'elle est proportionnelle à l'épaisseur du glacier au point donné. Nous considérerons le coefficient de frottement externe comme variant avec la vitesse et avec la distance du point considéré au front du glacier, mais comme étant le même pour tous les points d'une même section transversale du glacier ou du névé.

L'écoulement des glaciers n'étant pas autre chose qu'une déformation très lente produite sous l'influence de forces considérables, le frottement interne est toujours immense, surtout si on le compare à celui des liquides. Pour nous rendre un compte exact de sa valeur, considérons (fig. 1) une tranche de glace

AB A'B' prise dans l'intérieur du glacier et supposons qu'elle soit soumise à deux forces tangentielles égales et de sens contraires; soient P la valeur de chacune de ces forces par unité de surface; sous leur influence, la glace se déforme et le déplacement de AB par rapport à A'B' pendant le temps dt sera vdt , v étant la vitesse relative de AB par rapport à A'B'; tant que la force P restera la même, la vitesse v pourra être regardée comme indépendante du temps et comme proportionnelle à la force P ; c'est au moins ce qu'il est le plus vraisemblable d'admettre et que les expériences faites jusqu'à présent confirment. Il est de plus facile de démontrer que la vitesse relative v est proportionnelle à l'épaisseur h de la tranche de glace.

En effet, supposons que nous ayons n plaques semblables (fig. 2) superposées les unes aux autres de manière à former une plaque unique de même surface que la précédente, mais d'une épaisseur totale nh , soient $A_1B_1 A_2B_2 \dots A_{n-1}B_{n-1}$ les séparations fictives de ces plaques, et $A_0B_0 A_nB_n$ les forces extrêmes; nous supposons ces dernières soumises à deux forces tangentielles égales et de sens contraires; soient $-P_0$ et $+P_n$ ces forces et soit P leur intensité par unité de surface. Si nous faisons abstraction des allongements que peut subir la glace dans les sens A_kB_k , nous pourrions regarder les surfaces A_kB_k comme des surfaces matérielles solides et nous pourrions leur appliquer les deux forces $-P_k$ et $+P_k$ respectivement égales et parallèles à $-P_0$ et $+P_n$; chacune des n tranches de glace étant en équilibre (nous faisons abstraction du mouvement de rotation), les forces qui agissent sur elles doivent donner une résultante nulle; par conséquent, les forces qui agissent sur les différentes tranches doivent être accouplées de telle façon que l'élément $A_{k-1}B_{k-1}A_kB_k$ sera regardé comme soumis aux forces $-P_{k-1}$, P_k ; il se déformera et la vitesse relative de ses deux faces aura une certaine valeur v' ; mais cette valeur doit être la même pour chacune des n tranches, car elles sont toutes soumises à des forces identiques et la vitesse relative des deux faces A_0B_0 et A_nB_n sera donc nv' , ce qui signifie qu'elle est proportionnelle au nombre n ou, ce qui revient au même, proportionnelle à l'épaisseur A_0A_n .

En résumé, une tranche de glace soumise à deux forces tangentielles égales et de sens contraire agissant sur ses faces, se déforme de telle manière que ces dernières acquièrent une vitesse relative qui est proportionnelle à l'intensité P par unité de

surface de chacune des deux forces et proportionnelle à l'épaisseur h de la tranche; elle est donc donnée par la formule

$$v = \frac{1}{F} Ph.$$

F est une constante dépendant uniquement de la nature de la glace; nous l'appellerons *coefficient de frottement interne*.

Nous avons supposé jusqu'à présent que la plaque de glace n'était soumise en chacune de ses faces qu'à une seule force. En général, s'il y a différentes forces appliquées aux différents points ou si P est une fonction continue de l'épaisseur, nous devons restreindre notre formule à une partie assez minime de la plaque pour qu'il n'y ait à considérer que deux forces sensiblement égales et de sens contraire agissant sur les deux faces; soient dh l'épaisseur de la partie ainsi considérée et dv la différence de vitesse de ses deux faces; nous avons alors :

$$dv = \frac{1}{F} Pdh.$$

Cette différence de vitesse produite dans la direction de la force P ne sera pas changée, si, conjointement à cette force, il y a d'autres forces Q , R , etc., qui agissent dans des plans obliques par rapport à celui dans lequel agit P , pourvu que ces forces soient comme P proportionnelles aux surfaces des sections dans lesquelles elles agissent; ceci est évident, car nous pouvons choisir l'épaisseur dh assez petite pour que l'action de ces forces soit négligeable en présence de l'effet que produit P .

En tirant la valeur de P de l'équation ci-dessus, nous obtenons la formule suivante :

$$(1) \quad P = F \frac{dv}{dh},$$

qui est applicable à la partie d'une tranche de glace voisine de sa surface et donne la force qui doit agir le long de cette surface pour déformer la glace.

Le coefficient de frottement interne F varie probablement peu avec la vitesse et ne dépend guère que de la nature de la glace, mais de quelle manière en dépend-il, c'est ce que nous ne savons

pas; dans tous les cas, il doit être en relation avec les différentes pressions qui agissent sur la glace et qui par leurs variations en modifient assez rapidement la consistance, vu que dans un glacier, la glace est le plus souvent très près de son point de fusion. Malgré cela, nous admettrons, comme pour le frottement externe, qu'à un moment donné et pour une même section transversale du glacier ou du névé, F est constant. Cette hypothèse nous est indispensable pour arriver à un résultat final et les erreurs qu'elle peut entraîner nous paraissent devoir être de beaucoup inférieures à celles qui résultent des irrégularités de la forme de tout glacier.

Il est bon de remarquer que F aura toujours pour la partie supérieure du névé une valeur considérablement plus petite que pour la glace dure du glacier proprement dit.

Ce sont là les hypothèses principales sur lesquelles nous nous baserons pour les calculs généraux qui suivent; nous serons toutefois obligé, lorsqu'il s'agira de calculer le débit du glacier, de faire encore quelques restrictions de moindre importance; nous les indiquerons et les motiverons plus loin.

ÉQUATIONS DU MOUVEMENT DE LA GLACE DANS UN CANAL RECTANGULAIRE

D'après ce qui précède, l'étude de l'écoulement de la glace d'un glacier se ramène à celle de l'écoulement d'une masse de glace renfermée dans un canal prismatique rectangulaire. Rapportons ce canal à un système de coordonnées cartésiennes rectangulaires $Oxyz$ (fig. 3), choisi de telle façon que l'axe Ox partage la surface supérieure — de laquelle nous avons vu qu'elle peut être considérée comme plane — en deux parties, dans le sens de la longueur, et que l'axe Oy se trouve dans la section supérieure du canal. Soit α l'angle que forme l'axe Ox avec l'horizontale, autrement dit, l'angle de pente de l'axe du canal.

Considérons maintenant (fig. 4) un élément de glace ayant la forme du parallélipède rectangle $ABCDEFGH$, dont le centre O a pour coordonnées (xyz) et dont les arêtes parallèles aux axes ont pour longueurs $dx\ dy\ dz$. Ce parallélipède qui se meut, comme nous le savons, parallèlement à Ox , c'est-à-dire, parallèlement à quatre de ses arêtes, est actionné par diverses forces donnant des composantes parallèles à l'axe des x ; ce sont :

1° Son poids; en appelant g la gravité et $\mathcal{A}$ la densité de la glace, ce poids est :

$$g \mathcal{A} dx dy dz$$

et sa composante dans la direction des x positifs est :

$$g \mathcal{A} \sin \alpha dx dy dz.$$

2° La pression de la glace contre les faces du parallélipipède. Soit p la pression en O (pression par unité de surface contre un plan parallèle à yOz est dans le sens de Ox); p est fonction de x , y et z , en sorte que la pression par unité de surface est au centre de la face ABFE

$$p - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2}.$$

La pression totale contre ABFE est donc :

$$\left(p - \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2} \right) dy dz,$$

valeur exacte jusqu'aux infiniment petits du 4° ordre. On verrait de même que la pression contre la face DCGH est égale à

$$- \left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2} \right) dy dz.$$

La résultante de ces deux pressions est donc :

$$- \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz.$$

Nous n'avons pas à considérer les pressions contre les autres faces du parallélipipède, car elles ne donnent point de composantes dans la direction Ox du mouvement.

3° Les forces agissant tangentiellement sur les faces du parallélipipède et qui occasionnent les différences de vitesses. Remarquons d'abord que les faces ABFE et DCGH ne sont soumises à aucune force de ce genre et prenons les deux autres faces deux à deux.

Soit v la vitesse de la glace en O; au centre de la face BCGF, cette vitesse sera

$$v + \frac{\partial v}{\partial y} \frac{dy}{2}$$

sa dérivée par rapport à l'épaisseur du parallélépipède et dirigée contre l'extérieur de celui-ci sera :

$$\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2}.$$

La force par unité de surface qui agit au centre de gravité de BCGF et dans la direction des x est donc, d'après la formule (1)

$$F \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2} \right),$$

par conséquent, la force tangentielle totale agissant sur BCGF a la valeur suivante qui est exacte jusqu'aux infiniment petits du 4^e ordre.

$$F \left(\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2} \right) dx dz.$$

La force agissant sur la face opposée du parallélépipède sera par analogie égale à

$$F \left(-\frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \frac{dy}{2} \right) dx dz$$

et leur résultante est :

$$F \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} dx dy dz.$$

Les déformations de la glace résultent aussi de forces agissant sur les faces ABCD et EFGH, forces qui ont pour résultante :

$$F \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} dx dy dz.$$

La résultante de toutes les forces qui occasionnent une variation de vitesse de la glace d'un point à un autre est donc :

$$F \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) dx dy dz.$$

La résultante définitive de toutes les forces qui agissent sur l'élément de glace que nous avons choisi, est par conséquent :

$$g \sin \alpha dx dy dz - \frac{\partial p}{\partial x} dx dy dz + F \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) dx dy dz.$$

Cette résultante est, d'autre part, égale à la masse $\mathcal{A} dx dy dz$ du parallépipède multipliée par l'accélération $\frac{\partial v}{\partial t}$ de son centre de gravité; si nous égalons ces deux valeurs en les divisant par $dx dy dz$, nous avons :

$$g \mathcal{A} \sin \alpha - \frac{\partial p}{\partial x} + F \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \mathcal{A} \frac{\partial v}{\partial t}.$$

Divisons les deux membres de cette équation par $g \mathcal{A}$ et posons :

$$(2) \quad \frac{F}{g \mathcal{A}} = K$$

elle devient :

$$\sin \alpha - \frac{1}{g \mathcal{A}} \frac{\partial p}{\partial x} + K \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t}.$$

Le second membre

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t}$$

peut être négligé. En effet, chez les glaciers qui se meuvent le plus rapidement, on doit regarder comme impossible un changement de vitesse de 10 mètres en 1 minute (la vitesse étant donnée par heure). Ce changement correspond à

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{1}{211680},$$

valeur toujours négligeable en présence de $\sin \alpha$ qui représente la pente du glacier.

L'équation générale du mouvement de la glace est donc

$$(3) \quad \sin \alpha - \frac{1}{g \mathcal{A}} \frac{\partial p}{\partial x} + K \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = 0.$$

Elle est vraie pour tous les points du glacier, mais ne pourra être intégrée que lorsque nous aurons fixé les conditions aux limites; occupons-nous donc de trouver celles-ci d'après les données du problème.

La limite supérieure comprend les points pour lesquels $z = 0$; en tous ces points, la glace est en contact uniquement avec de

l'air et n'est soumise dans le plan $z = 0$ à aucune force capable de la déformer, ce qui veut dire, à cause de la formule (1), que pour tous ces points, l'on doit avoir

$$(4) \quad \text{pour } z = 0 \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0.$$

Si nous appelons h la hauteur de la glace dans le canal, sa surface inférieure sera caractérisée par l'équation $z = h$, h variant du reste avec x . Considérons un élément quelconque de cette surface: il frotte contre le fond du canal (moraine profonde) qui exerce sur lui une force de frottement qui, par unité de surface, est égale au produit du coefficient de frottement f multiplié par la vitesse v et par la pression par unité de surface de la glace sur le fond du canal; nous avons déjà dit que nous regarderions cette pression comme analogue à une pression hydrostatique, ce qui fait que dans le cas particulier, elle est égale à $g \mathcal{A} h \cos \alpha$; la force de frottement est donc

$$- fg \mathcal{A} h \cos \alpha . v$$

elle est la seule qui agisse dans le plan $z = h$ et c'est donc elle seule qui déforme la couche la plus inférieure de la glace; nous avons donc, en appliquant la formule (1)

$$- fg \mathcal{A} h \cos \alpha v = F \frac{\partial v}{\partial z}$$

ou

$$(5) \quad \text{pour } z = h \quad K \frac{\partial v}{\partial z} + fh \cos \alpha v = 0.$$

Il nous reste à nous occuper des faces latérales du canal. Considérons d'abord celle pour laquelle $y = +y_0$, $2y_0$ étant la largeur du canal, et considérons un élément de cette surface ayant pour coordonnées (xy_0z) . Nous pouvons dire sur cet élément tout ce que nous venons de dire pour un élément choisi dans la surface inférieure, seulement ici nous manquons de données sur la pression. Comme le frottement contre les surfaces latérales du canal n'a pour la solution pratique de notre problème qu'une importance tout à fait secondaire et comme la pression de la glace contre les parois latérales du canal ne varie pas énormément d'un point à un autre, nous supposons cette

pression, par unité de surface, constante et égale à $g \mathcal{A} q \cos \alpha$; remarquons que q sera toujours de beaucoup inférieur à h . D'après cette hypothèse, la force de frottement doit être égale à

$$- f g \mathcal{A} q \cos \alpha v$$

ce qui donne l'équation

$$(6) \quad \text{pour } y = y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} + f q \cos \alpha v = 0.$$

Pour passer de cette équation à l'équation limite se rapportant à l'autre surface latérale, nous n'avons qu'à remplacer y par $-y$, ce qui donne :

$$(7) \quad \text{pour } y = -y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} - f q \cos \alpha v = 0.$$

Les équations 2, 3, 4, 5, 6 suffisent pour déterminer complètement v lorsque l'on connaît p . Or, en réalité, p est une fonction inconnue, mais qui peut être éliminée dans l'application pratique, si l'on se contente de la vitesse moyenne du glacier. Nous allons donc nous occuper de l'intégration de l'équation (3) accompagnée des équations 4, 5, 6 et 7 en supposant que p est une fonction connue quelconque de x , y et z .

VITESSE EN UN POINT QUELCONQUE

La vitesse en un point quelconque du canal est donnée par l'intégration de l'équation aux dérivées partielles :

$$(3) \quad \sin \alpha - \frac{1}{g \mathcal{A}} \frac{\partial p}{\partial x} + K \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = 0,$$

accompagnée des équations aux limites :

$$(4) \quad \text{pour } z = 0 \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

$$(5) \quad \text{pour } z = h \quad K \frac{\partial v}{\partial z} + f h \cos \alpha v = 0$$

$$(6) \quad \text{pour } y = y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} + f q \cos \alpha v = 0.$$

$$(7) \quad \text{pour } y = -y_0 \quad K \frac{\partial v}{\partial y} - f q \cos \alpha v = 0.$$

Dans toutes ces équations, nous supposons p connu et v inconnu.

Remarquons d'abord qu'aucune dérivée de v par rapport à x ne se trouvant dans les équations ci-dessus, nous les intégrerons en regardant x comme constant. En conséquence, si nous posons

$$(8) \quad \sin \alpha - \frac{1}{gA} \frac{dp}{dx} = KP,$$

l'équation (3) deviendra :

$$(9) \quad P + \frac{d^2v}{dy^2} + \frac{d^2v}{dz^2} = 0$$

et P devra être regardé comme une fonction connue de y et de z . Si nous supposons que cette fonction est continue dans les limites du canal, nous pouvons la mettre sous la forme suivante :

$$(10) \quad P = \sum_{\mu} \left[Z_{\mu} \cos \left(r_{\mu} \frac{y}{h} \right) + Z'_{\mu} \sin \left(r'_{\mu} \frac{y}{h} \right) \right]$$

Z_{μ} et Z'_{μ} étant des fonctions de z seulement et r_{μ} et r'_{μ} des paramètres quelconques; cette somme peut se composer d'un nombre fini ou infini de termes.

Si nous substituons cette valeur de P dans l'équation (9), elle devient :

$$(11) \quad \frac{d^2v}{dy^2} + \frac{d^2v}{dz^2} + \sum_{\mu} \left[Z_{\mu} \cos \left(r_{\mu} \frac{y}{h} \right) + Z'_{\mu} \sin \left(r'_{\mu} \frac{y}{h} \right) \right] = 0$$

tandis que les équations (4, 5, 6 et 7) n'éprouvent aucun changement.

Ceci posé, cherchons une valeur W de v qui satisfasse à l'équation aux dérivées partielles

$$(12) \quad \frac{d^2W}{dy^2} + \frac{d^2W}{dz^2} + Z \cos \left(r \frac{y}{h} \right) + Z' \sin \left(r' \frac{y}{h} \right) = 0$$

et aux équations (4 et 5). Une telle valeur aura la forme

$$(13) \quad W = \cos \left(r \frac{y}{h} \right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w_{\lambda} \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) + \sin \left(r' \frac{y}{h} \right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w'_{\lambda} \cos \left(m'_{\lambda} \frac{z}{h} \right)$$

Si nous la substituons dans l'équation (10) et égalons à 0 le coefficient de $\cos \left(r \frac{y}{h} \right)$ et celui de $\sin \left(r' \frac{y}{h} \right)$, nous obtenons :

$$(14) \quad \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{r^2 + m^2}{h^2} w_{\lambda} \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) = Z$$

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{r'^2 + m'_{\lambda}{}^2}{h^2} w'_{\lambda} \cos \left(m'_{\lambda} \frac{z}{h} \right) = Z'.$$

L'équation (4) est d'elle-même satisfaite. Il reste encore l'équation (5); en faisant $z=h$ et en égalant à 0 les coefficients des mêmes *cos* et *sin* que ci-dessus, nous obtenons :

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left(-\frac{K}{h} m_{\lambda} w_{\lambda} \sin m_{\lambda} + fh \cos \alpha \cdot w_{\lambda} \cos m_{\lambda} \right) = 0$$

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left(-\frac{K}{h} m'_{\lambda} w'_{\lambda} \sin m'_{\lambda} + fh \cos \alpha \cdot w'_{\lambda} \cos m'_{\lambda} \right) = 0.$$

Comme ce sont les seules équations qui lient les m et m' , nous pouvons donc choisir ces derniers arbitrairement pourvu qu'il soit encore possible de satisfaire les équations (14); nous les déterminerons en égalant à 0 les coefficients de w_{λ} et de w'_{λ} dans les deux dernières équations, ce qui a l'immense avantage de rendre les m indépendants des w . Nous poserons donc :

$$m'_{\lambda} = m_{\lambda}$$

et

$$-\frac{K}{h} m_{\lambda} \sin m_{\lambda} + fh \cos \alpha \cdot \cos m_{\lambda} = 0$$

ou

$$m_{\lambda} \operatorname{tg} m_{\lambda} = \frac{fh^2 \cos \alpha}{K}.$$

Les m sont donc simplement les racines positives de l'équation transcendante

$$(15) \quad m \operatorname{tg} m = \frac{fh^2 \cos \alpha}{K} = s.$$

Maintenant que nous avons trouvé les m_{λ} , les w_{λ} se déterminent aisément au moyen des équations (14). Reprenons la première de ces équations en faisant

$$\frac{r^2 + m_{\lambda}^2}{h^2} w_{\lambda} = n_{\lambda}.$$

Elle prend la forme très simple :

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} n_{\lambda} \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) = Z.$$

Multiplions les deux membres de cette équation par

$$\cos \left(m_{\nu} \frac{z}{h} \right) dz$$

et intégrons de 0 à h , c'est-à-dire, sur toute l'épaisseur de la glace, nous avons :

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} n_{\lambda} \int_0^h \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) \cos \left(m_{\nu} \frac{z}{h} \right) dz = \int_0^h Z \cos \left(m_{\nu} \frac{z}{h} \right) dz.$$

Si l'on observe que, à cause de (15) :

$$m_{\lambda} \operatorname{tg} m_{\lambda} - m_{\nu} \operatorname{tg} m_{\nu} = 0$$

on vérifie aisément que si λ et ν sont différents,

$$\int_0^h \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) \cos \left(m_{\nu} \frac{z}{h} \right) dz = 0.$$

Par contre, si $\nu = \lambda$,

$$\int_0^h \cos^2 \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) dz = \frac{h(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})}{2 m_{\lambda}}$$

n_{λ} peut donc être calculé par le moyen de l'équation

$$n_{\nu} \frac{h(m_{\nu} + \sin m_{\nu} \cos m_{\nu})}{2 m_{\nu}} = \int_0^h Z \cos \left(m_{\nu} \frac{z}{h} \right) dz.$$

De là, nous tirons en remplaçant ν par λ :

$$w_{\lambda} = \frac{2 m_{\lambda} h \int_0^h Z \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) dz}{(r'^2 + m_{\lambda}^2)(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})}.$$

Nous trouverions de même :

$$w'_{\lambda} = \frac{2 m_{\lambda} h \int_0^h Z' \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) dz}{(r'^2 + m_{\lambda}^2)(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})}.$$

En résumé, l'équation

$$\frac{d^2 W_\mu}{dy^2} + \frac{d^2 W_\mu}{dz^2} + Z_\mu \cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right) + Z'_\mu \cos\left(r'_\mu \frac{y}{h}\right) = 0$$

accompagnée des équations :

$$\text{pour } z = 0 \quad \frac{dW_\mu}{dz} = 0$$

$$\text{pour } z = h \quad K \frac{dW_\mu}{dz} + fh \cos \alpha W_\mu = 0$$

admet pour intégrale

$$W_\mu = \cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w_{\mu\lambda} \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) + \cos\left(r'_\mu \frac{y}{h}\right) \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} w'_{\mu\lambda} \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right)$$

où

$$w_{\mu\lambda} = \frac{2m_\lambda h \int_0^h Z_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{(r_\mu^2 + m_\lambda^2)(m_\lambda + \sin m \cos m_\lambda)}$$

$$w'_{\mu\lambda} = \frac{2m_\lambda h \int_0^h Z'_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{(r_\mu'^2 + m_\lambda^2)(m_\lambda + \sin m \cos m)}$$

Par conséquent, les équations (11, 4 et 5) admettront l'intégrale

$$W = \Sigma W_\mu$$

W est donc une double somme. Si nous la transformons de manière à la séparer en deux groupes et si nous intervertissons les Σ , elle devient

$$(16) \quad \begin{aligned} W &= \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2m_\lambda h \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right)}{m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda} (S_\lambda + S'_\lambda) \right] \\ S_\lambda &= \sum \left[\frac{\cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right)}{r_\mu^2 + m_\lambda^2} \int_0^h Z_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz \right] \\ S'_\lambda &= \sum \left[\frac{\cos\left(r'_\mu \frac{y}{h}\right)}{r_\mu'^2 + m_\lambda^2} \int_0^h Z'_\mu \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz \right] \end{aligned}$$

Maintenant que nous avons une intégrale de l'équation (11) qui satisfait aux équations (4 et 5), il nous est possible d'en trouver une qui satisfasse aux quatre équations (4, 5, 6 et 7). A cet effet, posons :

$$(17) \quad v = W + V.$$

L'équation (11) devient :

$$(18) \quad \frac{d^2 V}{dy^2} + \frac{d^2 V}{dz^2} = 0.$$

Les équations (4 et 5) ne subissent aucun changement ; elles sont :

$$(19) \quad \text{pour } z = 0 \quad \frac{dV}{dz} = 0$$

$$(20) \quad \text{pour } z = h \quad K \frac{dV}{dz} = fh \cos \alpha V = 0.$$

Les équations (6 et 7) deviennent après réductions :

$$(21) \quad \text{pour } y = y_0 \quad K \frac{dV}{dy} + fq \cos \alpha V = -K \frac{dW}{dy} - fq \cos \alpha W$$

$$(22) \quad \text{pour } y = -y_0 \quad K \frac{dV}{dy} - fq \cos \alpha V = -K \frac{dW}{dy} + fq \cos \alpha W.$$

Les équations (18, 19 et 20) seront satisfaites quels que soient m , A et A' si l'on pose :

$$V = \left[A \cosh y \left(m \frac{y}{h} \right) + A' \sinh y \left(m \frac{y}{h} \right) \right] \cos \left(m \frac{z}{h} \right).$$

Pour que (21) le soit, il faut et il suffit que

$$-K \frac{m}{h} \sin m + fh \cos \alpha \cos m = 0$$

$$m \operatorname{tg} m = \frac{fh^2 \cos \alpha}{K} = s$$

ce qui n'est autre que l'équation (15). Les différentes valeurs que m est susceptible d'avoir sont, par conséquent, les mêmes m_λ que nous avons déjà trouvées. Nous savons donc que si nous posons :

$$V = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2 m_{\lambda} h \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right)}{m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda}} (T_{\lambda} + T'_{\lambda}) \right]$$

$$(23) \quad T_{\lambda} = A_{\lambda} \cos \text{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y}{h} \right)$$

$$T'_{\lambda} = A'_{\lambda} \sin \text{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y}{h} \right)$$

les équations (18, 19 et 20) seront satisfaites. Restent les équations (21 et 22); nous remplacerons dans ces équations W et V par leurs valeurs; nous égalons les termes qui ont le même indice λ et nous diviserons ensuite par le facteur commun

$$\frac{2 m_{\lambda} h \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right)}{m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda}};$$

enfin, nous ramènerons en même temps pour l'équation (22) toutes les fonctions de l'argument $-y_0$ aux mêmes fonctions de l'argument $+y_0$ en remarquant que

$$S_{\lambda} \quad \frac{\partial S'_{\lambda}}{\partial y} \quad T_{\lambda} \quad \frac{\partial T'_{\lambda}}{\partial y}$$

sont des fonctions paires, et

$$S'_{\lambda} \quad \frac{\partial S_{\lambda}}{\partial y} \quad T'_{\lambda} \quad \frac{\partial T_{\lambda}}{\partial y}$$

des fonctions impaires. Nous obtiendrons ainsi les deux équations:

$$\begin{aligned} & K \left(\frac{\partial T_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial T'_{\lambda}}{\partial y} \right) + f q \cos \alpha (T_{\lambda} + T'_{\lambda}) = \\ & = -K \left(\frac{\partial S_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial S'_{\lambda}}{\partial y} \right) - f q \cos \alpha (S_{\lambda} + S'_{\lambda}) \\ & K \left(-\frac{\partial T_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial T'_{\lambda}}{\partial y} \right) + f q \cos \alpha (-T_{\lambda} + T'_{\lambda}) = \\ & = -K \left(-\frac{\partial S_{\lambda}}{\partial y} + \frac{\partial S'_{\lambda}}{\partial y} \right) - f q \cos \alpha (-S_{\lambda} + S'_{\lambda}). \end{aligned}$$

Prenons membre à membre la demi-différence et la demi-somme de ces deux équations :

$$\begin{aligned} K \frac{\partial T_\lambda}{\partial y} + f q \cos \alpha T_\lambda &= -K \frac{\partial S_\lambda}{\partial y} - f q \cos \alpha S_\lambda \\ K \frac{\partial T'_\lambda}{\partial y} + f q \cos \alpha T'_\lambda &= -K \frac{\partial S'_\lambda}{\partial y} - f q \cos \alpha S'_\lambda. \end{aligned}$$

Si l'on remplace dans la première de ces équations T_λ , S_λ et leurs dérivées par leurs valeurs en faisant $y = y_0$, on obtient ainsi une équation qui permet de calculer les coefficients A_λ ; les A'_λ se détermineraient d'une manière analogue. On trouve aisément, en utilisant l'équation (15), que si l'on pose

$$B_\mu = s \frac{q}{h} \cos \left(r_\mu \frac{y_0}{h} \right) - r_\mu \sin \left(r_\mu \frac{y_0}{h} \right)$$

$$B'_\mu = s \frac{q}{h} \sin \left(r'_\mu \frac{y_0}{h} \right) + r'_\mu \cos \left(r'_\mu \frac{y_0}{h} \right)$$

$$C_\lambda = s \frac{q}{h} \cosh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right) + m_\lambda \sinh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right)$$

$$C'_\lambda = s \frac{q}{h} \sinh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right) + m_\lambda \cosh \left(m_\lambda \frac{y_0}{h} \right)$$

A_λ et A'_λ sont donnés par les équations

$$\begin{aligned} C_\lambda A_\lambda &= - \Sigma \left[\frac{B_\mu}{r_\mu^2 + m_\lambda^2} \int_0^h Z_\mu \cos \left(m_\lambda \frac{z}{h} \right) dz \right] \\ C'_\lambda A'_\lambda &= - \Sigma \left[\frac{B'_\mu}{r'^2_\mu + m_\lambda^2} \int_0^h Z'_\mu \cos \left(m_\lambda \frac{z}{h} \right) dz. \right] \end{aligned}$$

En introduisant ces valeurs dans les équations (23), on trouve V , après quoi, en effectuant la simple addition indiquée dans l'équation (17), et en rassemblant convenablement les termes, on obtient la valeur de la vitesse cherchée v telle que l'indique la formule suivante :

$$\begin{aligned}
 v &= \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2 m_{\lambda} h \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right)}{m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda}} (R_{\lambda} + R'_{\lambda}) \right] \\
 (25) \quad R_{\lambda} &= \sum_{\mu} \left[\frac{\int_0^h Z_{\mu} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{r_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\cos\left(r_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B_{\mu}}{C_{\lambda}} \coshyp\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right] \\
 R'_{\lambda} &= \sum_{\lambda=0} \left[\frac{\int_0^h Z'_{\mu} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{r'_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\sin\left(r'_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B'_{\mu}}{C'_{\lambda}} \sinhyp\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right]
 \end{aligned}$$

Cette formule donne donc la vitesse en un point quelconque du canal; elle est tout à fait générale et absolument exacte si les lois sur les frottements externes et internes dont nous sommes partis sont exactes.

La valeur générale de v prend une forme plus simple si l'on suppose que Z_{μ} et Z'_{μ} sont développés en série comme suit :

$$\begin{aligned}
 Z_{\mu} &= \sum \left[z_{\mu\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \right] = \sum (Z_{\mu\lambda}) \\
 (26) \quad Z'_{\mu} &= \sum \left[z'_{\mu\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \right] = \sum (Z'_{\mu\lambda})
 \end{aligned}$$

$z_{\mu\lambda}$ et $z'_{\mu\lambda}$ étant des constantes. On peut déterminer ces constantes comme nous avons déterminé $w_{\mu\lambda}$ et l'on trouve alors que :

$$\begin{aligned}
 v &= h^2 \sum \left[\frac{Z_{\mu\lambda}}{r_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\cos\left(r_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B_{\mu}}{C_{\lambda}} \coshyp\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right] + \\
 (27) \quad &+ h^2 \sum \left[\frac{Z'_{\mu\lambda}}{r'_{\mu}^2 + m_{\lambda}^2} \left[\sin\left(r'_{\mu} \frac{y}{h}\right) - \frac{B'_{\mu}}{C'_{\lambda}} \sinhyp\left(m_{\lambda} \frac{y}{h}\right) \right] \right]
 \end{aligned}$$

Les Σ doivent s'étendre sur tous les μ et sur tous les λ de 0 à ∞ . Remarquons que pour des valeurs très grandes de l'indice λ , on a

$$m_{\lambda} = \lambda \pi.$$

Ceci nous montre que les deux séries dont se compose v doivent rapidement converger, d'autant plus que, pour que les formules

(26) aient lieu, les $Z_{\mu\lambda}$ doivent former des séries convergentes en les ordonnant d'après le 2^e indice.

Cas particulier. — Supposons que la pression p ne soit pas fonction de l'ordonnée y ; nous pouvons alors poser:

$$r_{\mu} = r'_{\mu} = 0$$

$$\Sigma Z_{\mu} = Z = P$$

où Z est une fonction quelconque de z , et les formules (24 et 25) donnent :

$$v = 2h \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\int_0^h Z \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) dz}{m_{\lambda}(m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right) \left[1 - \frac{B}{C_{\lambda}} \cos \text{hyp}\left(m_{\lambda} \frac{h}{y}\right) \right] \right]$$

$$B = S \frac{q}{h}.$$

Ce cas particulier ne pourra guère se rapporter à un glacier, car l'effet des frottements contre les moraines latérales peut en général être négligé, ce qui se traduit dans nos calculs par $q=0$ et $B=0$ et l'on voit que v n'est pas fonction de y ; or, cela est contraire à toutes les observations faites jusqu'ici. Nous devons cependant nous étendre un peu sur ce cas spécial qui nous permettra d'établir la formule générale du débit du glacier.

Supposons que non-seulement p ne soit pas fonction de y , mais qu'il ne soit non plus fonction de z , en d'autres termes, qu'il ne varie qu'avec x ; $Z=P$ devra être regardé comme constant dans la formule ci-dessus, et si nous faisons en outre $q=0$, elle devient:

$$v = 2h^2 P \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\sin m_{\lambda} \cos\left(m_{\lambda} \frac{z}{h}\right)}{m_{\lambda}^2 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right].$$

Cette formule peut être mise sous une forme très simple; mais les m_{λ} étant les racines d'une équation transcendante, sa transformation directe n'est pas très facile. Par contre, on trouve aisément la forme finie de v en intégrant directement l'équation

$$(9) \quad P + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = 0.$$

(dans laquelle on suppose P constant) avec les conditions (4, 5, 6, 7) dans lesquelles nous faisons $q = 0$ et qui sont :

$$(4) \text{ pour } z = 0 \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

$$(5) \text{ pour } z = h \quad K \frac{\partial v}{\partial z} + fh \cos \alpha v = 0$$

$$(6 \text{ et } 7) \text{ pour } y = \pm y_0 \quad \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

On voit immédiatement que l'on peut satisfaire à toutes ces conditions avec une fonction v de la forme

$$a + bz^2$$

et si l'on détermine les coefficients a et b , on trouve

$$v = \frac{P}{2} \left(\frac{2K}{f \cos \alpha} + h^2 - z^2 \right)$$

ou en introduisant la valeur de s donnée par la formule (15)

$$v = \frac{1}{2} h^2 P \left[\left(1 + \frac{2}{5} \right) - \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right].$$

Cette expression une fois trouvée, on vérifie aisément qu'elle est bien égale à la première établie; il suffit pour cela de la développer en série suivant les

$$\cos \left(m_\lambda \frac{z}{h} \right)$$

ce que l'on fait sans la moindre difficulté comme nous l'avons indiqué plus haut.

Revenons à la formule générale (25). Si nous voulons l'appliquer à l'étude de l'écoulement des glaciers qui n'ont pas de changements brusques dans leur direction, nous pouvons sans inconvénient faire abstraction du frottement contre les moraines latérales, c'est-à-dire contre les faces latérales du canal dans lequel coule la glace; nous pouvons donc poser

$$q = 0.$$

La formule (25) n'éprouve aucune simplification, mais on a par contre :

$$B_{\mu} = -r_{\mu} \sin \left(r_{\mu} \frac{y_0}{h} \right)$$

$$B'_{\mu} = r'_{\mu} \cos \left(r'_{\mu} \frac{y_0}{h} \right)$$

$$C_{\lambda} = m_{\lambda} \sin \operatorname{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y_0}{h} \right)$$

$$C'_{\lambda} = m_{\lambda} \cos \operatorname{hyp} \left(m_{\lambda} \frac{y_0}{h} \right).$$

Il est bon de remarquer que la supposition $q = 0$ entraîne d'après les équations (6 et 7), pour le bord du glacier : $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$, la vitesse v pouvant, elle, du reste, avoir au bord du glacier une valeur quelconque.

La formule (25) ne peut évidemment pas être appliquée dans toute sa généralité à l'étude d'un glacier; il suffira même probablement dans toute application de considérer une ou deux fonctions Z_{μ} et Z'_{μ} (formule 10) et il suffira de même de prendre peu de termes pour la sommation par rapport à λ , vu que cette série est très convergente. On entrevoit ainsi que la formule (25) doit pouvoir être transformée et ramenée à une forme beaucoup plus simple qui permette de l'appliquer à des observations faites sur la marche d'un glacier. Nous laisserons ici cette transformation complètement de côté, nous réservant d'y venir plus tard s'il y a lieu et nous passerons directement à la recherche du débit qui est le but principal de notre calcul.

DÉBIT, VITESSE MOYENNE

Les formules (25 et 27) donnent la vitesse en un point quelconque d'une section transversale d'un canal rectangulaire dont la largeur est $2y_0$ et la profondeur h ; si nous appelons U le débit du canal en un point de cette section, ou autrement dit le volume de la glace qui traverse cette dernière pendant l'unité de temps, nous savons que

$$U = \int_0^h \int_{-y_0}^{y_0} v \, dz \, dy.$$

Remplaçons v par sa valeur tirée de l'équation (25); nous avons

$$U = 4h \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\int_0^h \frac{m_\lambda \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda} \int_{-y_0}^{+y_0} (R_\lambda + R'_\lambda) dy. \right]$$

Effectuons d'abord l'intégration par rapport à z ; il vient :

$$U = 4h^2 \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\sin m_\lambda}{m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda} \int_{-y_0}^{+y_0} (R_\lambda + R'_\lambda) dy. \right]$$

Ici, nous sommes obligé de faire une restriction pour arriver à un résultat simple : nous négligerons le frottement contre les moraines latérales et ferons en conséquence :

$$q = 0.$$

Opérons maintenant l'intégration de $R_\lambda dy$ par rapport à y en employant les formules (25 et 28); nous trouvons après réductions :

$$\begin{aligned} \int_{-y_0}^{+y_0} \left[\cos\left(r_\mu \frac{y}{h}\right) - \frac{B_\mu}{C_\lambda} \cos \text{hyp}\left(m_\lambda \frac{y}{h}\right) \right] dy = \\ = 2 \frac{y_0}{m_\lambda^2} (m_\lambda^2 + r_\mu^2) \frac{\sin\left(r_\mu \frac{y_0}{h}\right)}{r_\mu \frac{y_0}{h}}. \end{aligned}$$

Substituons cette expression dans la valeur de R_λ ; il vient :

$$\int_{-y_0}^{+y_0} R_\lambda dy = y_0 \sum_{\mu} \left[\frac{\sin\left(r_\mu \frac{y_0}{h}\right)}{r_\mu \frac{y_0}{h}} \int_0^h \frac{\cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right)}{m_\lambda^2} dz. \right]$$

Par contre

$$\int_{-y_0}^{+y_0} R'_\lambda dy = 0.$$

U a donc pour valeur

$$U = 4h^2 y_0 \int_0^h \sum_{\mu} \left[\frac{\sin\left(r_\mu \frac{y_0}{h}\right)}{r_\mu \frac{y_0}{h}} Z_\mu \right] \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{\sin m_\lambda \cos\left(m_\lambda \frac{z}{h}\right) dz}{m_\lambda^2 (m_\lambda + \sin m_\lambda \cos m_\lambda)} \right]$$

Appelons S l'aire de la section du canal; elle est égale à

$$S = 2y_0 h.$$

Nous avons posé

$$(10) \quad P = \sum_{\mu} \left[Z_{\mu} \cos \left(r_{\mu} \frac{y}{h} \right) \right] + \sum_{\mu} \left[Z'_{\mu} \sin \left(r'_{\mu} \frac{y}{h} \right) \right]$$

Si nous considérons une valeur déterminée de z , la valeur moyenne de P pour toute la largeur du canal est :

$$\bar{P} = \frac{1}{2y_0} \int_{-y_0}^{+y_0} P dy = \sum_{\mu} \left[Z_{\mu} \frac{\sin \left(r_{\mu} \frac{y_0}{h} \right)}{r_{\mu} \frac{y_0}{h}} \right]$$

En introduisant les notations S et $\bar{P}$ dans la valeur de U , celle-ci devient :

$$(29) \quad U = 2hS \int_0^h \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\bar{P} \frac{\sin m_{\lambda} \cos \left(m_{\lambda} \frac{z}{h} \right) dz}{m_{\lambda}^3 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right].$$

L'épaisseur d'un glacier est toujours très faible relativement à sa largeur; les variations de vitesse et de pression suivant l'épaisseur z seront donc peu sensibles et auront beaucoup moins d'influence sur le débit que les variations suivant y . Nous ne commettrons donc pas une erreur sensible en remplaçant $\bar{P}$ qui est fonction de z par la valeur moyenne $\bar{\bar{P}}$ de P pour toute la section S . Cette hypothèse revient à supposer que la pression ne varie pas avec z tandis qu'elle est une fonction quelconque de y . Ceci étant admis, nous pouvons effectuer l'intégration par rapport à z et nous avons :

$$(30) \quad U = h^2 S \bar{\bar{P}} \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2 \sin^2 m_{\lambda}}{m_{\lambda}^3 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right].$$

Rappelons que les m_{λ} sont les racines positives de l'équation (15)

$$m \operatorname{tg} m = s.$$

La série renfermée dans la valeur de U est donc une fonction bien déterminée de la seule variable s et nous pouvons poser

$$\sum_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \left[\frac{2 \sin^2 m_{\lambda}}{m_{\lambda}^3 (m_{\lambda} + \sin m_{\lambda} \cos m_{\lambda})} \right] = \varphi(s).$$

Cette fonction est très facile à déterminer au moyen des données mêmes de notre problème. Pour y arriver remarquons d'abord que l'équation (30) est absolument exacte comme formule mathématique résultant de l'équation (9), si P est indépendant de z , et à plus forte raison si P est constant. Mais pour le cas où P est constant, nous avons trouvé une autre forme de v , savoir :

$$v = \frac{1}{2} h^2 P \left[\left(1 + \frac{2}{3} \right) - \left(\frac{z}{h} \right)^2 \right].$$

Nous tirons de là une nouvelle expression du débit :

$$\begin{aligned} U &= \int_{-y_0}^{+y_0} dy \int_0^h v dz = \\ &= 2 h^3 y_0 P \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{s} \right) \\ U &= h^3 S P \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{s} \right). \end{aligned}$$

Cette valeur de U doit être identique à celle qui est donnée par la formule (33); il s'ensuit que :

$$g(s) = \frac{1}{3} + \frac{1}{s}$$

quel que soit (s). En substituant cette valeur dans l'équation (30), elle devient :

$$R = h^2 S \bar{P} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{s} \right).$$

Mais d'après la formule (15),

$$s = \frac{f h^3 \cos \alpha}{K}.$$

Par conséquent :

$$U = S \bar{P} \left(\frac{h^2}{3} + \frac{K}{f \cos \alpha} \right).$$

Nous avons posé

$$(8) \quad \sin \lambda - \frac{1}{g A} \frac{\partial p}{\partial x} = K P.$$

Si donc, nous représentons par p' la valeur moyenne de $\frac{\partial p}{\partial x}$, nous aurons :

$$\sin \alpha - \frac{p'}{gA} = K\bar{P}$$

et U est en définitive représenté par la formule

$$(31) \quad U = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{p'}{gA} \right) S.$$

Le quotient du débit U par l'aire S de la section donne la vitesse moyenne v^* ; donc

$$(32) \quad v^* = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{p'}{gA} \right).$$

La simplicité de ces deux dernières formules est remarquable, étant donnée leur généralité; pour les établir, nous avons en effet supposé que la pression était une fonction quelconque de y , mais il est vrai qu'elle ne variait pas avec z .

Nous allons appliquer ces derniers résultats à l'écoulement de la glace renfermée dans un canal rectangulaire droit de section constante S. Soit (fig. 5) ABCD A'B'C'D' ce canal. Nous représenterons par l sa longueur, par h sa hauteur, par s la surface ABCD, par α son angle d'inclinaison. U étant son débit, il est exprimé par la formule (31):

$$(31) \quad U = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{p'}{gA} \right) S.$$

Rappelons que f et $F = gA$ sont les coefficients de frottement interne et externe, A la densité de la glace et g la gravité. Dans notre cas particulier, nous savons que toutes les quantités qui entrent dans la formule ci-dessus, à l'exception de p' , sont des constantes; p' doit donc lui-même être constant. Il s'ensuit que si nous représentons par P_1 et P_2 les poussées totales qui agissent sur les extrémités ABCD et A'B'C'D', p' est donné par la relation :

$$Sp' = \frac{P_2 - P_1}{l}$$

et la formule (31) devient

$$(33) \quad U = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(S \sin \alpha - \frac{P_2 - P_1}{g A l} \right).$$

La vitesse moyenne aura alors pour valeur

$$(34) \quad v^* = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \left(\sin \alpha - \frac{P_2 - P_1}{H} \right)$$

où π représente le poids total de la glace renfermée dans le canal.

Si la glace était un corps absolument solide, c'est-à-dire indéformable, K serait infini et U serait donc inversement proportionnel à f .

Si la glace, étant considérée comme une masse visqueuse, ne glissait pas, c'est f qui deviendrait infini et la vitesse moyenne serait dans ce cas proportionnelle au carré de l'épaisseur h de la glace.

Dans les applications, c'est toujours un cas intermédiaire entre ces deux qui se présente.

CONCLUSION

Si l'on veut appliquer la loi d'écoulement que nous avons établie à l'étude de la marche des glaciers et obtenir un bon résultat, on se trouve arrêté par l'interprétation mathématique de deux phénomènes qui n'ont été jusqu'à présent qu'insuffisamment étudiés; ce sont le tassement des neiges formant le névé, tassement qui est produit en partie par simple compression et en partie par le « regel » et l'ablation qui fait particulièrement sentir ses effets sur le glacier. S'il ne s'agit que de déterminer la vitesse moyenne, on peut faire abstraction des différences de vitesses occasionnées par l'ablation et se servir uniquement de la vitesse moyenne de chaque filet du glacier; même s'il le fallait absolument, il serait possible de tenir compte de ces différences. Il n'en est plus tout à fait de même du tassement des neiges; ce phénomène ne peut pas encore à l'heure présente être soumis au calcul et la seule issue qui se présente à nous est, comme nous l'avons déjà dit plus haut, de passer outre, c'est-à-dire d'admettre que le névé est formé d'une matière incompressible et qu'il a pour toutes ses sections la même vitesse moyenne.

Nous obtiendrons par ce moyen la théorie mathématique d'un phénomène qui se rapprochera beaucoup de l'écoulement d'un glacier, mais dont les formules ne pourront cependant pas servir à des mesures exactes sans avoir été préalablement complétées de manière à tenir compte de phénomènes que nous sommes pour le moment obligé d'écarter et qui n'exercent pas moins une certaine influence sur le mouvement.

Supposons le névé de forme rectangulaire et soient l_1 sa longueur, h_1 son épaisseur, S_1 sa section moyenne, A_1 sa densité, f_1 et K_1 ses coefficients de frottement, U_1 son débit, v_1 sa vitesse moyenne, P_1 la pression totale que la neige exerce contre la section limite inférieure. Le névé forme un simple canal rectangulaire auquel nous pouvons appliquer la formule (33) qui nous donne le débit :

$$U_1 = \left(\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1} \right) \left(S_1 \sin \alpha_1 + \frac{P}{g A_1 l_1} \right).$$

Ici, nous n'avons qu'une seule pression P . Multiplions cette équation par $g A_1 l_1$ et représentons par M_1 la masse $g A_1 l_1 S_1$ du névé, nous avons :

$$g A_1 l_1 U_1 = \left(\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1} \right) (M_1 \sin \alpha_1 + P).$$

Mais

$$U_1 = S_1 v_1$$

et par suite

$$M_1 v_1 = \left(\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1} \right) (M_1 \sin \alpha_1 + P).$$

En faisant des suppositions tout à fait analogues pour le glacier, et en remarquant que la pression P sur la couche inférieure du névé est la même que celle qui agit sur la couche supérieure du glacier, nous trouverions pour ce dernier la formule suivante :

$$M_2 v_2 = \left(\frac{h_2^2}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2} \right) (M_2 \sin \alpha_2 - P).$$

Éliminons P entre les deux dernières équations ; il vient :

$$(35) \quad \frac{M_1 v_1}{\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1}} + \frac{M_2 v_2}{\frac{h_2^2}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2}} = M_1 \sin \alpha_1 + M_2 \sin \alpha_2.$$

Un certain rapport doit toujours exister entre les vitesses v_1 du névé et v_2 du glacier; sans l'ablation ce rapport serait simplement l'expression du fait que le débit en masse (masse de neige qui traverse une section pendant l'unité de temps) du névé est égal à celui du glacier. Nous ne nous éloignerons donc pas beaucoup de la vérité en admettant qu'il en est ainsi. Nous poserons par conséquent :

$$A_1 S_1 v_1 = A_2 S_2 v_2.$$

Cette égalité peut être écrite comme suit :

$$\frac{M_1 v_1}{l_1} = \frac{M_2 v_2}{l_2} = Q$$

d'où l'on tire

$$\begin{aligned} M_1 v_1 &= Q l_1 \\ M_2 v_2 &= Q l_2. \end{aligned}$$

L'équation (35) devient ainsi :

$$Q \left[\frac{l_1}{\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1}} + \frac{l_2}{\frac{h_2^2}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2}} \right] = M_1 \sin \alpha_1 + M_2 \sin \alpha_2$$

en remplaçant Q par ses valeurs, on obtient les deux formules suivantes :

$$(36) \quad \begin{aligned} N \frac{v_1}{l_1} &= \sin \alpha_1 + \frac{M_2}{M_1} \sin \alpha_2 \\ N \frac{v_2}{l_2} &= \frac{M_1}{M_2} \sin \alpha_1 + \sin \alpha_2 \end{aligned}$$

dans lesquelles :

$$N = \frac{l_1}{\frac{h_1^2}{3K_1} + \frac{1}{f_1 \cos \alpha_1}} + \frac{l_2}{\frac{h_2^2}{3K_2} + \frac{1}{f_2 \cos \alpha_2}}$$

Les formules (36) sont le résultat final de nos calculs; elles permettent de calculer la vitesse moyenne du névé et du glacier lorsqu'on connaît leurs dimensions et la nature des matières qui les composent.

Pour se faire une idée claire de la signification de ces formules, il est utile de rechercher ce qu'elles deviendraient pour le cas où la neige du névé aurait la même consistance que la glace du glacier et où le névé et le glacier auraient des sections transversales égales; nous interpréterons cette supposition en posant

$$K_1 = K_2 = K$$

$$f_1 = f_2 = f$$

$$h_1 = h_2 = h$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{l_2}{l_1}$$

$$v_1 = v_2 = v.$$

Les deux formules (36) se condensent alors en une seule qui après réductions devient :

$$(37) \quad v = \left(\frac{h^2}{3K} + \frac{1}{f \cos \alpha} \right) \sin \alpha$$

f et K représentent ici les valeurs moyennes à un moment donné des coefficients de frottement externe et interne pour tout le glacier accompagné du névé; h représente l'épaisseur moyenne et α l'inclinaison moyenne du glacier et du névé.

La formule (37) ne donne qu'une idée très imparfaite du mouvement d'un glacier puisqu'il n'arrive jamais que la matière qui constitue le névé soit identique à celle dont est formé le glacier. Si, malgré cela, on cherche à l'interpréter, on voit :

1° Que la vitesse moyenne est indépendante de la longueur du glacier;

2° Qu'elle est proportionnelle à la pente du glacier;

3° Qu'elle augmente avec l'épaisseur du glacier et cela d'autant plus rapidement que cette épaisseur est plus grande.

Ces déductions concordent en gros avec ce que l'on connaît actuellement du mouvement des glaciers et nous font croire que les hypothèses dont nous sommes partis sont fondées. Lorsque les résultats des observations faites sur le glacier du Rhône seront connus, il nous sera possible, nous l'espérons, de leur appliquer nos calculs et d'en déduire des données encore incon-

Fig. 1

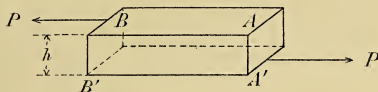


Fig. 2

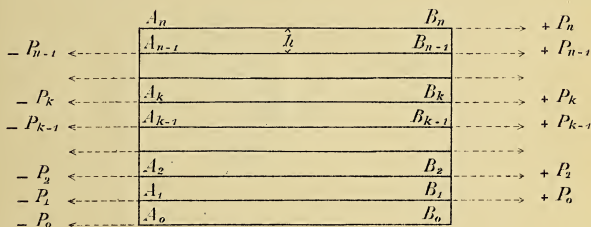


Fig. 3

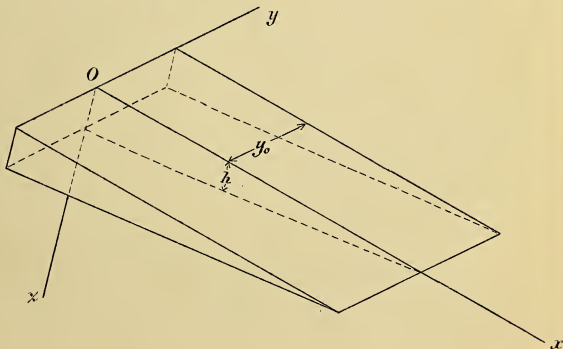


Fig. 4

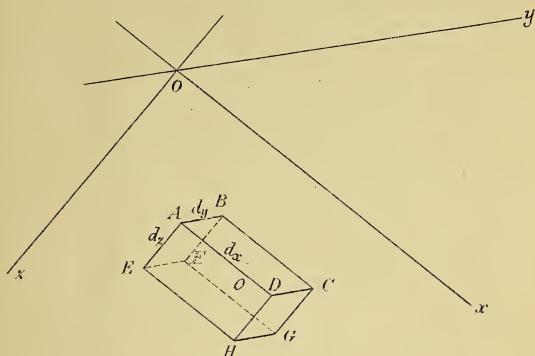
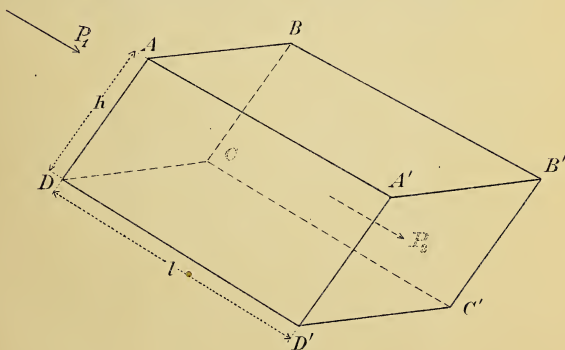


Fig. 5



nues jusqu'à présent, comme les coefficients de frottement, l'épaisseur du glacier, etc. La formule (25) simplifiée et la formule (36) paraissent devoir être les plus propres à une telle application.

Nous ne nous faisons cependant pas d'illusion; comme nous l'avons déjà dit, ce mémoire est un premier essai sur la théorie mathématique du mouvement des glaciers, et comme tel, il ne peut être que très imparfait, étant donné le peu de connaissances que l'on possède sur la matière. Il peut cependant devenir le point de départ de nouvelles études qui donneront la clef d'une théorie exacte du mouvement des glaciers. Pour arriver à ce résultat, vu la difficulté de ces études, il faudrait la coopération de beaucoup de forces. Les recherches et observations isolées des glaciologistes peuvent sans doute augmenter la liste des connaissances acquises, mais elles n'arriveront que très lentement et très partiellement à des découvertes certaines; il faudrait un concours d'études raisonnées faites simultanément en plusieurs points et sur plusieurs glaciers et névés. Le C. A. S. est le mieux placé pour cela et il serait fort à désirer qu'il continuât au moins les études commencées sur le glacier du Rhône et qu'il prît en mains les travaux qui seuls pourront permettre d'appliquer et de vérifier ou de corriger les formules que nous venons de donner, la phase de crue qui se prépare devant fournir des observations qui se prêteront mieux à cette application. Nous comptons sur des voix autorisées pour soutenir son ardeur et son zèle pour une cause d'un si grand intérêt pour la science moderne.

Observations phénologiques sur la floraison des Perce-neige,

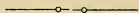
par M. F.-A. FOREL

Pendant une série de 12 années, j'ai noté l'apparition de la première fleur d'une touffe de Perce-neige (*Galanthus nivalis*), plantée dans un jardin situé au bord du lac, au milieu de la ville de Morges (rue du Lac, n° 49). Ces observations ont été interrompues dans l'hiver de 1888 par la vente et le bouleversement du jardin; elles suffisent cependant à montrer les différences considérables dans les conditions de ces quelques années.

Année.	Floraison.	Différence de la moyenne.
1876	22 février.	+ 1 jour.
1877	8 »	— 13 »
1878	20 »	— 1 »
1879	22 »	+ 1 »
1880	29 »	+ 8 »
1881	20 »	— 1 »
1882	21 »	0 »
1883	10 »	— 11 »
1884	6 »	— 15 »
1885	23 »	+ 2 »
1886	4 mars.	+ 11 »
1887	11 »	+ 18 »

La date moyenne est le 21 février; la date la plus hâtive de la série a été le 6 février (1884), la plus tardive le 11 mars (1887). La différence entre ces extrêmes est de 33 jours.

L'action modératrice de la température du lac a été surtout sensible dans les hivers froids. Alors la floraison de mes Perce-neige avançait celle d'autres jardins situés à plus grande distance du lac. Dans les hivers peu froids, au contraire, mes Perce-neige étaient en retard.



RÉSUMÉ ANNUEL

DES

OBSERVATIONS PLUVIOMÉTRIQUES

faites par les stations de la vallée du lac de Joux, en 1887,

PAR

L. GAUTHIER

PL. IV.

Sous l'inspiration de M. H. Pittier, notre ami et regretté collègue, et alors que notre Société vaudoise, par l'organe de M. le professeur H. Dufour, créait de nouveaux postes d'observation dans le canton, mon prédécesseur, M. Ganty, actuellement à l'institut Henchoz, avait établi, en 1884, cinq stations pluviométriques dans notre contrée : *Mouthe*, *le Poste des Mines*, *le Chalet Capt*, *la Chapelle des Bois* et *le Sentier (Chez-le-Maitre)*. Disons, à la louange des observateurs persévérants et zélés des trois premiers postes, que depuis 1884 ces stations ont fonctionné régulièrement.

L'instrument de la *Chapelle des Bois* a été perdu, je n'ai retrouvé que l'éprouvette. Bien à regret, je n'ai pu rétablir cette station, pour le moment du moins.

En 1887, nous avions donc les stations suivantes :

Mouthe,	930 ^m d'alt.,	observat ^r M. Cordier,	instituteur.
Poste des Mines,	1374 ^m »	»	M. Correvo, ap. de gend.
Chalet Capt,	1339.1 ^m »	»	M. Thuillard, »
Sentier (Chez-le-M.),	1020 ^m (environ),	»	M. Gauthier, instituteur.

Le quadrilatère compris entre ces stations, de 28 5 km² environ de surface, est traversé dans le sens de sa largeur (3 km.), par les courants dominants SW et NE, et selon sa longueur (12 km.), par le NW et le SE. Il comprend deux parties : des vallées et une chaîne de montagnes ; des forêts et des pâturages non boisés.

Jusqu'à nouvel ordre, nous étudions nos observations sous trois points de vue différents : 1° Comme *région jurassienne*, ré-

sultats comparables à ceux d'autres régions du Jura, de la plaine ou des Alpes; 2° comme *versants ouest et est*, et 3° comme *région forestière et région de vallée*.

Ces dernières divisions nous serviront à étudier le régime des entonnoirs, espérons-nous, et l'influence d'une belle et splendide forêt, comme celle du Risoux, sur l'état de l'atmosphère.

Mon ancien et bien cher maître, M. Ch. Bertholet, voudra bien nous éclairer de ses conseils et de sa longue expérience de la forêt, pour ce qui concerne ce dernier chef.

Nous nous donnons donc pour tâche, outre le service fédéral, d'utiliser les observations pluviométriques au bénéfice des problèmes nombreux que pose l'étude du régime des eaux superficielles et souterraines de la vallée du lac de Joux.

Qu'il me soit permis de rendre hommage au bienveillant concours de nos collaborateurs, aussi zélés que persévérants dans cette besogne si attachante.

Chacune de nos stations observe : la quantité d'eau ou de neige fondue et la hauteur de chaque chute de neige ; les courants aériens en direction ; l'aspect du ciel et la nébulosité ; les orages, qui sont les phénomènes météorologiques que, par notre position géographique, nous avons le plus particulièrement à étudier, deviendront l'objet d'observations aussi précises et complètes que possible.

Les tables qui suivent donnent les moyennes mensuelles et annuelles des divers objets d'observations, pour les quatre stations :

Hauteurs d'eau par mois et pour l'année.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	19.7	4.5	181.3	70.0	154.2	70.0	112.6	222.5	82.2	72.5	113.9	220.9	1324.3	110.4
C. Capt. .	64.0	16.0	255.0	96.0	240.0	83.0	143.0	224.0	155.0	179.0	127.0	304.0	1886.0	157.2
P. Mines .	48.0	13.0	354.0	70.0	212.0	86.0	152.0	256.0	104.0	157.0	130.0	252.5	1834.5	152.9
Mouthé. .	21.0	7.0	172.0	65.0	156.0	112.5	132.0	195.5	120.0	149.5	115.0	214.0	1459.5	120.8
Total . .	152.7	40.5	962.3	301.0	762.2	351.5	539.6	898.0	461.2	558.0	485.9	1206.4	6504.3	541.3
Moyennes	38.17	10.1	240.6	75.2	190.5	87.8	134.9	224.5	115.3	139.5	121.4	301.6	1626.0	135.3

Par saisons, de décembre 1886 à novembre 1887.

	Hiver	Printemps	Été	Automne	Première demi-année	Deuxième demi-année.
Sentier. .	364.2	405.5	405.1	208.6	824.6 en 80 j. moy. j. 4.5	499.7 en 70 j. moy. j. 2.74
C. Capt. .	420.0	591.0	450.0	461.0	1132.0 » 80 » 6.15	755.0 » 63 » 4.14
P. Mines .	459.0	636.0	494.0	391.0	1051.5 » 93 » 5.70	783.0 » 69 » 4.30
Mouthé. .	293.0	393.0	440.0	384.5	926.0 » 96 » 5.00	533.5 » 81 » 2.93
Total . .	1536.2	2025.5	1389.1	1505.1	3934.1 en 349 j. moy. j. 21.35	2571.2 en 283 j. moy. j. 14.11
Moyennes.	384.1	506.4	347.3	376.3	983.5 » 87 » 5.34	642.8 » 71 » 3.53

Chutes maximales.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Sentier	6.5 le 5	2.0 le 9	42.0 le 23	17.5 le 7	24.0 le 7	52.0 le 2	21.2 le 2	546.2 le 20	13.5 le 7	16.5 le 4	22.0 le 24	60.0 le 9
C. Capt.	18.0 » »	40.0 » 2	43.0 » »	34.0 » 14	30.0 » 22	54.0 » »	36.0 » 19	48.0 » 16	27.0 » 4	30.0 » 9	23.0 » 22	65.0 » »
P. Mines	15.0 » »	6.0 » 9	49.0 » »	15.0 » 7	26.0 le 3, 5	54.0 » »	22.0 » 30	45.0 » »	20.0 » »	38.0 » 10	33.0 » 14	74.0 » 8
Mouthé	4.5 » 4	2.0 » 25	40.0 » »	16.0 » 13	15.5 le 3	47.0 » »	28.0 » 13	43.0 » 13	25.5 » 3	20.5 » »	15.0 » 4	75.5 » 9

La plus forte chute est celle du 9 décembre, de 74 et 75.5mm, au P. Mines et à Mouthé.

Mois de maxima : Mars, juin, août, décembre.

Nombre de jours de chute d'eau.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	8	3	20	11	22	6	16	11	12	9	15	17	150	12.5
C. Capt.	7	3	17	9	22	5	15	12	10	14	13	16	143	11.8
P. Mines	6	3	18	9	27	6	19	13	10	15	18	18	162	13.5
Mouthé.	9	5	19	15	26	7	17	12	13	15	20	19	177	14.8
Total . .	30	14	74	44	97	24	67	48	45	53	76	70	632	52.6
Moyennes.	7.5	3.5	18.5	11	24	6	17	12	11	13	19	17.5		13.2

Mois peu pluvieux :

Février, — Juin, — Janvier.

Mois pluvieux :

Avril, — Sept., — Août, — Oct.

Mois très pluvieux :

Mai, — Nov., — Mars, — Déc., — Juillet.

Chutes de neige (hauteur en mètres).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total
Le Sentier	—	0.25	0.47	0.16	0.24	—	—	—	—	0.18	0.45	0.74	2.49
C. Capt. .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2.00	—
P. Mines .	—	—	1.50	1.35	0.90	—	—	—	—	0.70	0.90	1.70	7.05
Mouthe. .	1.5	0.08	1.03	0.20	—	—	—	—	—	0.62	0.50	0.52	4.01

Nombre de jours de chute de neige.

	Janvier	février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	7	2	12	3	7	—	—	—	1	8	8	10	58	5
C. Capt. .	7	2	16	8	13	—	—	—	2	7	10	13	88	7
P. Mines .	6	3	16	4	17	—	—	—	3	9	14	14	86	7
Mouthe. .	8	4	13	3	5	—	—	—	—	7	10	13	63	5
Total. .	28	11	57	18	42	—	—	—	6	31	42	50	295	6.4

Chutes maximales de neige (en centimètres).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
Sentier	1 le 7	5 le 2	13 le 19	15 le 1	15 le 22	—	—	—	—	15 le 24	13 le 22	17 le 19
Mouthe	30 le 4	3 le 19	20 le 26	15 le 1	—	—	—	—	—	15 le 24	10 le 30	10 le 19

Nombre de jours où les vents du nord ont soufflé (NW, N, NE).

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.	Total	Moy.
Le Sentier	9	9	8	15	3	13	1	14	11	11	3	6	103	9
C. Capt. .	—	—	5	8	5	18	7	3	8	13	3	9	79	8
P. Mines .	24	13	14	9	2	3	3	2	5	15	1	10	101	8.4
Mouthe .	—	9	4	1	3	14	4	6	10	9	5	8	73	7
Total . .	33	31	31	33	13	48	15	25	34	48	12	33	—	—
Moyennes.	16	10	8	8	3	12	4	6	8.5	12	3	8	—	8

Moyenne annuelle : 8 jours par mois.

Nombre de jours de vents du sud (SW, S, SE).

Le Sentier	3	2	7	11	4	14	—	11	11	20	15	14	112	10
C. Capt. .	—	—	18	16	25	12	24	27	22	18	27	22	241	21
P. Mines .	7	15	12	12	21	10	28	29	21	16	21	24	216	18
Mouthe .	—	11	20	11	5	12	12	6	5	5	20	21	118	10
Total . .	10	28	57	50	55	48	64	73	59	59	83	81	—	—
Moyennes.	5	9	14	12	14	12	21	18	15	15	21	20	—	14

Moyenne annuelle : 14 jours par mois.

Aspects du ciel (serein, demi-couvert, couvert).

	Janvier			Février			Mars			Avril			Mai			Juin			Juillet			Août			Sept.			Octobre			Nov.			Déc.			Total			Moy.		
	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c	s	dc	c
Le Sentier	15	3	13	13	8	7	10	8	13	10	13	7	1	16	14	17	10	3	5	15	6	16	10	5	10	14	5	3	14	13	4	12	14	9	9	13	113	132	113	9	11	9
C. Capt. . .	—	—	—	—	—	—	10	—	—	11	—	19	—	—	30	16	—	14	4	—	27	11	—	19	9	2	19	3	2	25	2	7	27	6	2	23	72	7	203	8	—	22
P. Mines . .	—	—	—	16	—	2	9	5	17	8	10	12	—	12	19	18	10	2	—	11	18	9	14	7	7	10	13	5	8	18	5	8	17	5	11	15	82	99	140	8	10	13
Mouthe . .	—	—	—	15	10	3	10	2	19	13	10	7	2	16	13	14	15	1	13	13	5	19	8	7	11	16	3	9	16	5	7	13	10	9	2	20	112	121	93	10	11	9
Total . . .	15	3	13	44	18	12	39	15	49	42	33	45	3	44	76	65	35	20	22	39	56	55	32	38	37	42	40	20	30	61	18	34	63	29	24	71	—	—	—	—	—	—
Moyennes	15	3	13	14	9	4	9	5	16	10	11	11	1	14	19	16	12	5	5	13	14	14	11	9	9	10	10	5	7	15	4	8	17	7	6	18	—	—	—	—	—	—

Le ciel serein a une nébulosité moyenne plus petite que 3.

» demi-couvert » de 3 à 8.

» couvert » de 8 à 10.

Nébulosité moyenne.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc	Total	Moy.
Le Sentier	5.62	4.10	5.81	5.00	7.59	3.40	5.62	3.93	4.63	7.43	7.23	6.33	66.69	5.56
Mouthe. .	—	3.60	6.57	4.60	6.97	2.80	4.77	3.42	4.23	5.36	5.93	7.19	55.44	5.04

Jours à orage.

Le Sentier	—	—	1	2	3	4	5	10	2	—	—	—	27
C. Capt. .	—	—	1	—	—	—	—	4	—	—	—	—	2
P. Mines .	—	—	—	—	2	—	16	13	5	—	tonnerre	—	36
Mouthe .	—	—	1	—	1	2	10	5	6	—	—	—	25
Total . .	—	—	1	2	4	3	4	11	5	—	1	—	90

Orages avant midi : Orages après-midi :

Le Sentier	4	18
Les Mines	4	32
Mouthe	4	20

21 orages sont communs à 3 stations; 30 orages ont passé sur la région et ont été signalés par les stations; 9 ont passé sur le Sentier, ou sur le Poste des Mines ou sur Mouthe seulement. Le coup de tonnerre signalé par les Mines avant une chute de neige, en novembre, n'a pas été entendu ailleurs. Quant à l'intensité de l'état électrique, nous avons eu au Sentier 2 orages dans la journée du 14 juillet, à 1 $\frac{1}{2}$ et à 8 $\frac{1}{2}$ h après-midi, et 2 aussi dans celle du 16 août, à 6 $\frac{1}{3}$ h. avant midi et à 2 heures après-midi. A Mouthe, le 4 septembre, 3 orages, à 6 h. avant midi, à 3 h. et à 5 h. après-midi.

La foudre, durant l'orage du 16 août, à 8 h. du matin, à Mouthe, a frappé une croix de pierre datant de 1637. Cette croix se trouvait à environ 40 mètres de l'église de Mouthe. La hauteur du paratonnerre placé au clocher de cette église, prise du niveau du sol à l'extrémité supérieure, est de 40 m. La croix avait environ 7 m. d'élévation. Elle a été réduite en petits morceaux projetés de tous côtés, et quelques-uns à plus de 30 m. Les maisons en bois situées non loin de là n'ont éprouvé aucun dommage matériel.

La grêle est signalée par toutes les stations, mais rarement aux Mines et au Chalet Capt, et les colonnes de grêle traversent la vallée obliquement, soit du N au S, soit de l'WSW à l'ENE.

Phénomènes périodiques.

1^{er} mars, premières alouettes; fin mars, première teinte verte des prés.

24 avril, débâcle des glaces du lac de Joux; fin avril, arrivée des hirondelles.

19 juin, floraison des sapins; 27 juin, du marronnier.

7 août, fin des fenaisons, beaucoup de foin.

15-20 septembre, moisson du seigle et de l'avoine; 27, fleurs de glace sur les vitres des fenêtres du nord; 29, dernières hirondelles, première neige.

23-24 décembre, congélation totale du lac de Joux.

1° Versant Est (année météorologique).

	Pluie.					Nombre de jours.				
	Hiver	Print.	Eté	Aut.	1 ^{er} mi-an	2 ^e mi-an	Total	Hiv.	Print.	Eté
Le Sentier . .	364.2	405.5	405.1	268.6	824.6	499.7	1324.3	38	53	33
P. Mines . .	459.0	636.0	494.0	391.0	1051.5	783.0	1834.5	35	54	38
C. Capt . .	420.0	591.0	450.0	461.0	1132.0	755.0	1886.0	34	48	32
Total . . .	1243.2	1632.5	1349.1	1120.6	3008.1	2037.7	5044.8	107	155	103
Moy. journ. .	4.6	5.9	4.9	4.1						
Chute moy. .	11.6	10.5	13.1	9.7						

Moy. jour.: 4.61
Chute moy.: 10.50

2° Versant Ouest.

P. Mines . .	459.0	636.0	494.0	391.0	1051.5	783.0	1834.5	35	54	38
C. Capt . .	420.0	591.0	450.0	461.0	1132.0	755.0	1886.0	34	48	32
Mouthe . .	293.0	393.0	440.0	384.5	926.0	533.5	1459.5	40	60	36
Total . . .	1172.0	1620.0	1384.0	1236.5	3109.5	2071.5	5180.0	109	162	106
Moy. journ. .	4.3	6.0	5.1	4.6						
Chute moy. .	10.8	10.0	13.1	9.7						

Moy. jour.: 4.73
Chute moy.: 10.26

a) Stations des Vallées.

	Pluie.							Nombre de jours.				
	Hiver	Print.	Eté	Aut.	1 ^{er} mi-an	2 ^e mi-an.	Total	Hiv.	Print.	Eté	Aut.	Total
Le Sentier. .	364.2	405.5	405.1	268.6	824.6	499.7	1324.3	38	53	33	36	160
Mouthe . . .	293.0	393.0	440.0	384.5	926.0	533.5	1459.5	40	60	36	48	184
Total. . . .	657.2	798.5	845.1	653.1	1750.6	1033.2	2783.8	78	113	69	84	344
Moy. journ. .	5.5	6.7	7.0	5.4								
Chute moy. .	8.4	7.1	12.2	7.8								

Moy. jour.: 3.85
Chute moy.: 8.12

b) Stations forestières.

P. Mines . .	459.0	636.0	494.0	391.0	1051.5	783.0	1834.5	35	54	38	43	170
C. Capt . .	420.0	591.0	450.0	461.0	1132.0	755.0	1886.0	34	48	32	37	151
Total. . .	879.0	1227.0	944.0	852.0	2183.5	1538.0	3720.5	69	102	70	80	321
Moy. journ. .	7.3	10.2	7.9	7.1								
Chute moy. .	12.8	12.0	13.5	10.6								

Moy. jour.: 5.09
Chute moy.: 11.59

CONCLUSIONS

1° L'année 1887 a été, pour notre région, une année *pluvieuse*. Les courants du sud ont régné plus souvent que ceux du nord. Le nombre de jours à ciel couvert est plus grand que celui des jours à ciel demi-couvert ou serein. Le nombre de jours de chute d'eau doit être un maximum, car, d'après les observations faites au Pont par M. S. Rochat, sous la haute surveillance du Département des travaux publics, le nombre de jours de pluie ou neige n'a atteint 146 en une année qu'une seule fois depuis 1859 (en 1876).

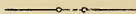
2° Les beaux mois ont été ceux de février et de juin, caractérisés par un minimum d'eau et de nébulosité, de jours de pluie et de vent.

3° Les mauvais mois ont été ceux de mai, octobre, novembre et décembre, qui présentent un maximum d'eau, de hauteur de neige, de jours de pluie, de vent et de ciel couvert.

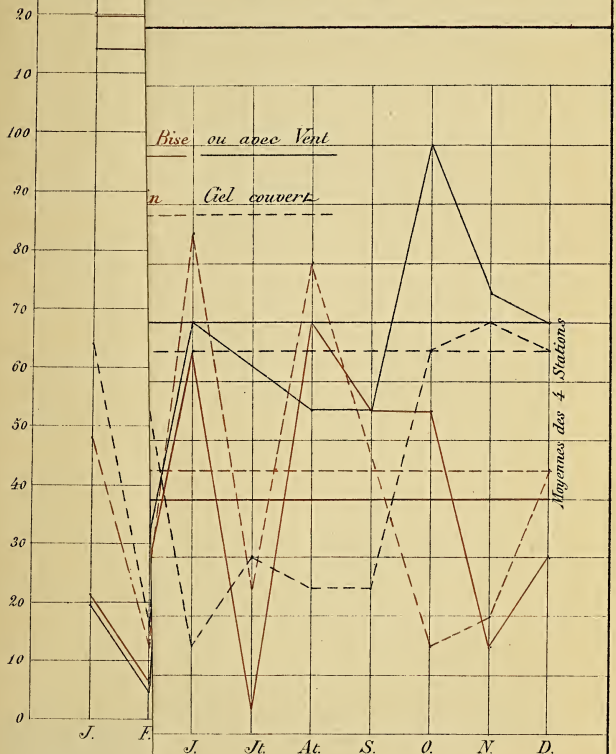
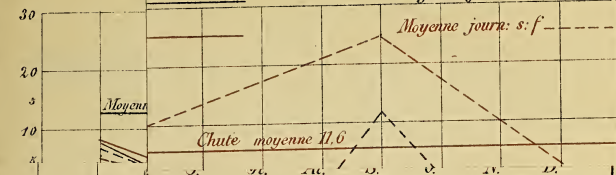
4° Mars et septembre se rapprochent le plus de la moyenne annuelle.

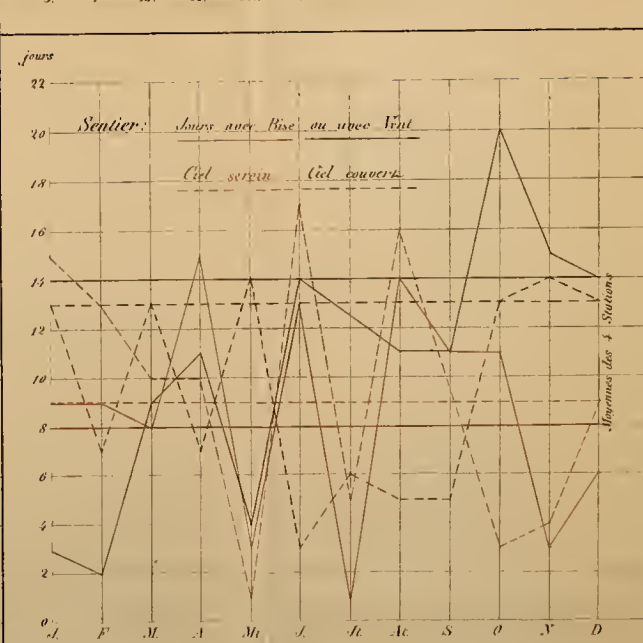
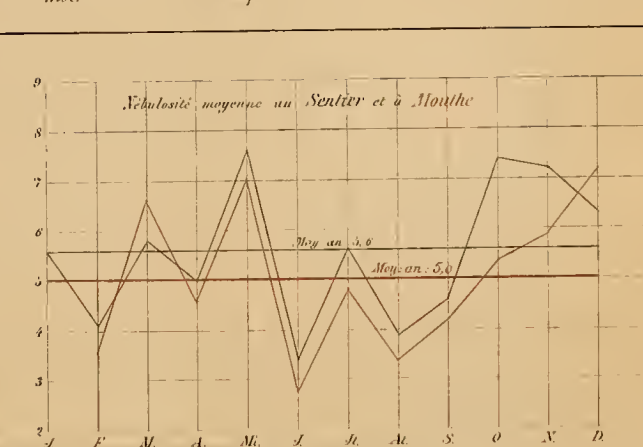
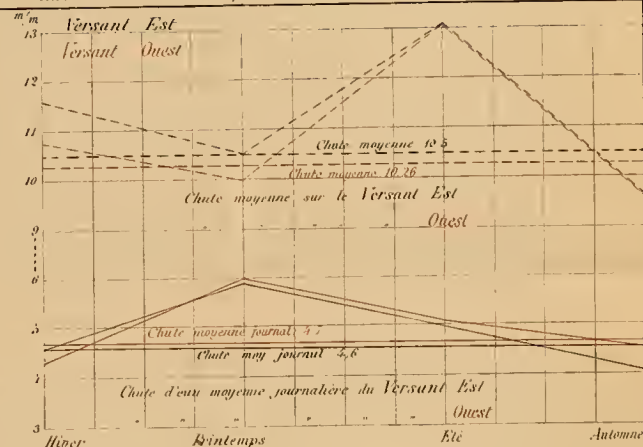
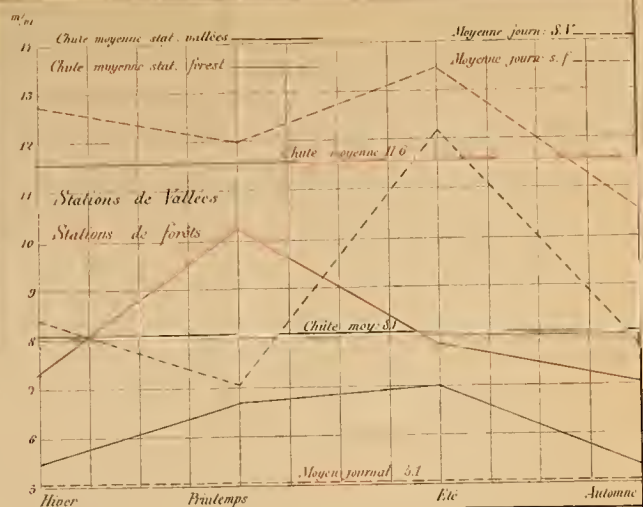
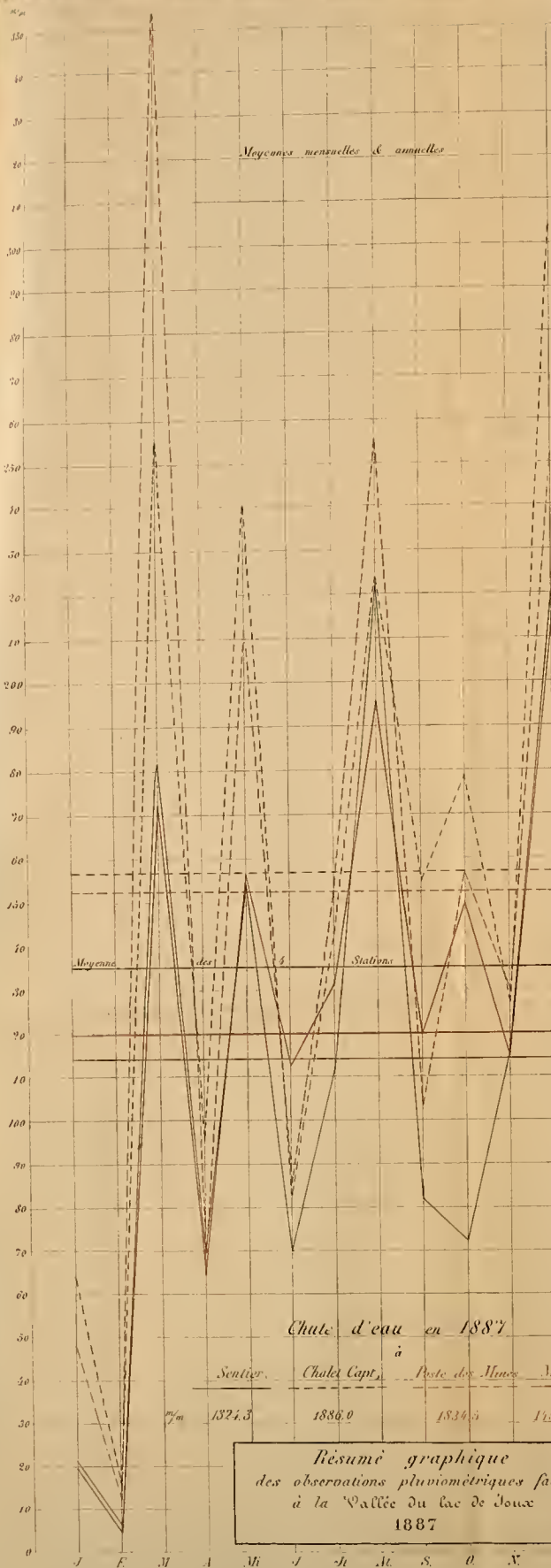
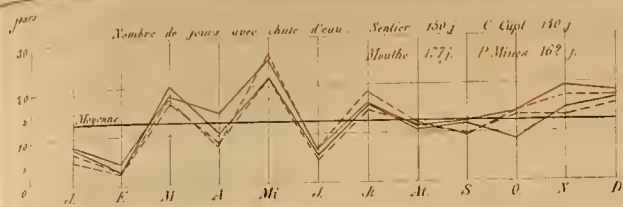
5° Il pleut plus fréquemment et davantage au-delà qu'en deçà du Risoux, à l'W qu'à l'E. de la chaîne de montagnes.

6° La forêt du Risoux reçoit 25 % de plus d'eau que les vallées qui la bordent à l'est et à l'ouest.



jours





Glaçons de neige tenant sur l'eau du lac Léman,

par M. F.-A. FOREL

Un phénomène, probablement assez fréquent sur d'autres eaux, mais très rare sur notre lac, a été observé les 14 et 15 février 1888; c'est la *prise* de la neige sur l'eau. Une abondante chute de neige verse sur l'eau froide des flocons sans cesse renouvelés; les premiers cristaux de neige se mouillent, fondent, amènent la couche superficielle à zéro degré, et ralentissent assez la fusion de leurs successeurs pour que ceux-ci persistent jusqu'après la chute de nouveaux flocons. Il se forme bientôt à la surface de l'eau une crème blanchâtre, couleur de neige mouillée; de larges plaques, glaçons inconsistants, mous, flexibles, accumulés en certains points par le jeu des vagues et des courants, recouvrent l'eau d'une couche plus ou moins continue. Un corps solide la traverse sans difficulté en laissant un trou.

Pour que l'apparition puisse se produire, il faut :

- a) Que l'eau soit froide, près de 0° ou tout au moins de 4°; nous reviendrons sur ce point;
- b) Que la chute de neige soit considérable et pressée;
- c) Que l'eau soit au calme plat.

Ces conditions étaient représentées sur le lac Léman, quand le 14 février, vers 9 heures du matin, une violente chute de neige a fait blanchir toute notre vallée. Dès 4 heures du soir, j'ai vu le port de Morges couvert des *glaçons de neige* que je viens de décrire; ils ont persisté jusqu'au lendemain matin. Le même phénomène a été vu :

Dans les ports fermés de Morges, la Tour-de-Peilz, Genève, Ouchy (nouveau port).

Dans les ports largement ouverts du Bouveret, d'Ouchy (vieux port), de Rolle.

Au fond des deux golfes de Morges (golfe des Roseaux et golfe du Parc).

Enfin, ce qui est plus étrange encore, en plein lac, de la Belotte à Tougues et à Yvoire, le long de la rive, et jusqu'à 100 ou 200 mètres en avant; au-delà du *mont*, m'ont affirmé les capitaines et pilotes des bateaux à vapeur le *Jura* et l'*Aigle*.

Semblable apparition s'est reproduite sur le port de Morges, le 21 février.

On avait observé un fait analogue, le 10 février 1880, dans le Petit-lac, entre Genthod, la Belotte et Genève ¹.

Les apparitions de glaçons de neige du 10 février 1880 et du 21 février 1888 sont assez normales. Ces jours-là l'eau du Petit-lac, près de Genève, et celle du port de Morges étaient très refroidies par la température basse des jours précédents; elle était au-dessous de 4°, et la stratification inverse de l'eau, au-dessous du maximum de densité, était régulière. Le 21 février 1888, j'ai mesuré dans le port de Morges :

Surface.	0.0°.
A 0.6 mètre de profondeur	+ 2.3
1 » »	+ 2.6
2 » »	+ 2.8

Mais le 14 février il en était tout autrement.

Le 7 février, la température profonde du Grand-lac, mesurée par moi-même devant Morges, à 120 mètres de profondeur, était 5.0°; la température superficielle 5.2°. Jusqu'au 13 février, le temps a été relativement doux, et le lac ne s'est certainement pas refroidi. La journée du 13 février a été splendide, une des plus belles journées de l'hiver. Les mesures de température prises à midi dans le port de Genève, à un mètre sous la surface, ont donné :

13 février	+ 5.0°
14 »	+ 5.0°

Nous pouvons donc affirmer que le 14, au matin, l'eau du lac était au moins à 5.0°.

C'est donc sur de l'eau au-dessus du maximum de densité que la neige tombait, et n'a pas tardé à tenir.

La chute de neige a-t-elle été assez puissante pour refroidir jusqu'à 4° les points du lac où les glaçons de neige ont été observés? Je ne le crois pas.

Les observatoires de Genève et de Lausanne ont mesuré la quantité de neige tombée dans les 24 heures, du 14 au 15 février, et l'ont trouvée de 10.8 à 15^{mm} d'eau. Supposons que jusqu'à 4 h. du soir, heure où le phénomène a été constaté sur le

¹ F.-A. Forel. La congélation des lacs suisses et savoyards. *Echo des Alpes*, XVI, 155. Genève, 1880.

lac, la moitié de cette chute ait eu lieu, et évaluons-là à 8^{mm} d'eau de neige. Cette neige en fondant dans l'eau aura absorbé de la chaleur et refroidi le lac. A 80 calories pour la chaleur latente de la glace, une couche de neige de 8^{mm} d'eau aurait pu abaisser d'un degré, et ramener de 5° à 4° une couche d'eau de 64 centimètres du lac, mais pas plus. Or dans toutes les localités où les glaçons de neige ont été vus, la profondeur du lac était de 2 mètres au moins, de 4 mètres et plus. Il me paraît donc impossible que la chute de neige ait ramené à 4° toute la couche d'eau sous-jacente à nos glaçons de neige.

Nous avons donc à considérer la superposition très anormale que voici :

A la surface, glaçons de neige à	0°
Eau profonde, près de	5°

C'est là une stratification thermique tout-à-fait extraordinaire. En effet, on rencontre dans la nature :

Ou bien la *stratification directe* dans laquelle le fond de l'eau est à 4° et les couches supérieures sont plus chaudes, ou bien la *stratification inverse*, dans laquelle le fond est à 4° et les couches supérieures sont plus froides.

Mais trouver sur la même tranche verticale une stratification qui de la surface au fond a dû présenter la série suivante : 0°, 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 4°, c'est-à-dire à la surface la stratification inverse et au fond la stratification directe, c'est là un fait que, pour mon compte, je n'ai jamais rencontré, que j'aurais même tenu pour impossible.

Et cependant le fait est possible. L'équilibre dans ces conditions est encore stable. En effet, la densité de l'eau à 0° est plus faible que celle de l'eau à 5°; la première doit donc flotter sur la seconde. Il n'y a dans une telle stratification qu'une seule cause d'instabilité, c'est la présence d'une couche entre 3° et 4° superposée à une couche de 5°. Mais en admettant que cette couche d'eau lourde était extrêmement mince, et en faisant attention que la couche d'eau de fusion se reproduisait sans cesse par la chute continue de la neige, on peut comprendre comment l'équilibre ait pu se maintenir, ou se rétablir sans cesse.

Ce fait est cependant très curieux et intéressant à noter; il est l'un des plus compliqués que puisse présenter la stratification thermique de l'eau.

DISCOURS

prononcé par M. Ch. DUFOUR, Président de la Soc. Vaud. des Sc. Nat.,
à l'ouverture de la séance annuelle du 15 juin 1887.

Messieurs,

Depuis votre dernière assemblée annuelle à Orbe, la Société vaudoise des Sciences naturelles a continué sa vie scientifique, comme elle la poursuivait depuis quelques années.

Elle a eu, dès lors, 16 séances, 10 de jour et 6 le soir. Il a paru 2 bulletins, les n^{os} 94 et 95.

Mais, comme toujours aussi, la mort a fait dans nos rangs des vides regrettables. Nous avons perdu d'abord M. Tzaut, connu par son dévouement et son enseignement distingué, qui, jeune encore, a été enlevé à sa famille et à ses amis. M. Forel; ancien président de la Société d'histoire, qui témoignait aussi à notre Société l'intérêt qu'il portait à toutes les questions scientifiques; puis tout récemment, M. le docteur Jaïn, dont l'intérêt pour la science ne s'est éteint qu'avec la vie; car dans les derniers temps encore, nous avons vu cet homme déjà âgé, demeurant hors de Lausanne, et qui cependant, appuyé sur deux bâtons, assistait régulièrement à nos séances.

Dans le nombre des personnes portant un vif intérêt aux questions scientifiques, qui ont fait partie autrefois de notre Société, mais qui s'en sont retirées pour une cause quelconque, il faut citer M. Eugène Rambert, le professeur excellent, le littérateur aimé, mais aussi l'ami de la nature; celui qui non-seulement a si bien décrit ces Alpes qu'il chérissait, mais qui a apporté dans l'étude de leur flore cet esprit judicieux et persévérant qui fait faire des progrès à la science.

Puis c'est Jean-Louis Thomas, le descendant de cet Abraham Thomas, ami et collaborateur du grand Haller, et l'auteur de cette dynastie de Thomas qui, avec de Charpentier, ont fait si brillamment connaître, dans le monde scientifique, le beau village de Bex où s'est déployée leur activité.

Dans la liste de nos membres honoraires, les vides, sans être bien nombreux, nous ont néanmoins été fort sensibles.

Au mois de septembre, nous perdions M. Elie Wartmann, au-

trefois notre professeur à l'Académie de Lausanne, mais attaché, depuis lors, comme professeur de physique à l'Université de Genève, où il déployait une grande activité, soit pour des recherches de science pure, soit pour l'application de la science aux principales industries de notre pays.

Puis au mois de mai, c'était le doyen de la Société helvétique des Sciences naturelles, le vénérable professeur Bernard Studer, depuis plus de 40 ans membre honoraire de notre Société, qui terminait à Berne une carrière exceptionnellement longue et exceptionnellement bien remplie.

Nous savons que nous avons perdu avec lui le dernier de ces hommes qui, il y a 72 ans, fondèrent à Genève la Société helvétique des Sciences naturelles. Ceux qui, 50 ans plus tard, en 1865, retournèrent dans la même ville célébrer le jubilé demi-séculaire de cette fondation, étaient émus en entendant M. Studer nous retracer, dans le même local, les détails de ce qui s'y était passé en 1815, lorsque la Société helvétique des Sciences naturelles y fut créée; et lui-même, retrouvant là un de ses beaux souvenirs de jeunesse, nous rappelait avec vigueur les paroles chaleureuses prononcées en cette occasion par M. Gosse; entre autres sa belle invocation au génie de Linné, dont la haute intelligence était considérée alors comme l'idéal qui devait servir de modèle pour tous les travaux scientifiques.

Conformément à la décision que vous avez prise dans votre séance du 4 mai, au nom de la Société vaudoise des Sciences naturelles, j'ai écrit à la famille de M. Studer, pour lui dire combien nous prenions part à la perte que venait de faire la science et la patrie.

Depuis une année, nous avons décidé d'échanger nos bulletins contre les publications de l'Institut royal météorologique de Prusse, et contre celles de la Société impériale russe de géographie.

Vous savez que depuis de nombreuses années, la station météorologique de Lausanne, si bien dirigée par M. Hirzel et par M. le professeur Marguet, était subventionnée par notre Société. A l'avenir il n'en sera plus ainsi. Tout ce service sera transporté à la station agricole du Champ-de-l'Air. L'Etat s'est chargé d'assurer sa bonne marche, et a désigné comme directeur M. le professeur Henri Dufour. De cette manière, à l'avenir, notre budget aura cette dépense de moins à supporter.

C'est fort heureux, car malheureusement pendant l'année

écoulée, votre Comité n'a pas eu à s'occuper seulement de questions scientifiques, comme il aurait aimé pouvoir le faire. La faillite de notre caissier, survenue au mois de janvier, nous a donné beaucoup d'embarras et nous a fait perdre beaucoup de temps.

Comme caissier, nous avons remplacé M. Dutoit par notre secrétaire, M. Krafft, et notre collègue, M. Pelet, instituteur à l'Ecole industrielle cantonale, a bien voulu se charger d'établir les comptes de l'année dernière, ouvrage qui incombait à M. Dutoit. M. Pelet a dû faire là un travail long et pénible, nous lui en témoignons toute notre reconnaissance.

Au mois de mai vous avez décidé que, pour ce qui la concerne, la Société vaudoise des Sciences naturelles accepterait le projet de concordat présenté par M. Dutoit. Jusqu'à présent nous n'avons pas eu d'autres nouvelles à ce sujet, et nous ne savons pas s'il se formera la majorité nécessaire pour l'acceptation.

C'est dire que nous n'avons encore rien reçu des 7000 fr. que nous doit notre ancien caissier.

Cependant nous sommes parvenus à faire face à tous les engagements de notre Société, par la hausse des valeurs que nous avons en portefeuille, et malgré la perte plus ou moins grande que nous subirons avec M. Dutoit, l'actif de notre Société demeure notablement supérieur aux 74,000 fr. prévus dans les statuts. Ainsi, grâce au don généreux que nous a fait autrefois M. de Rumine, notre situation financière restera bonne.

Néanmoins, pour l'année actuelle, nous avons été privés de quelques ressources sur lesquelles nous comptions et nous avons dû faire plusieurs dépenses sur lesquelles nous ne comptions pas.

Par conséquent, pour cette année exceptionnelle, il ne nous sera guère possible de demeurer dans les limites du budget que vous avez voté au mois de décembre dernier.

Pour les exercices futurs, il faudra tenir compte de la nouvelle position de la Société; mais nous sommes convaincus que ce ne sera pas bien difficile et que notre équilibre financier pourra être maintenu sans rien sacrifier de ce qui est notre premier devoir: *Développer dans notre pays l'étude de la science de la nature*, et sans porter préjudice à nos publications, de manière que la bonne réputation de la Société vaudoise des Sciences naturelles pourra être maintenue et que vos travaux scientifiques pourront, comme du passé, continuer à enrichir notre bulletin.

Sur le mouvement de rotation du protoplasma végétal,

par J.-B. SCHNETZLER

Le mouvement du protoplasma végétal, quelle que soit la forme sous laquelle il se présente, est un des phénomènes les plus intéressants de la vie végétale dont la cause n'est pas encore expliquée. Les observations suivantes sont bien loin de donner cette explication; elles ont uniquement pour but d'attirer l'attention sur quelques particularités du phénomène.

Parmi les cellules végétales dans lesquelles le mouvement de rotation du protoplasma a été souvent étudié, nous trouvons celles des *Characées*; surtout les cellules internodales de *Nitella*. Les cellules corticales des plantes du genre *Chara* et leurs incrustations calcaires rendent l'observation plus difficile. Cependant il y a une phase du développement des *Chara* où le mouvement rotatoire du plasma s'observe très facilement.

Les plantes du genre *Chara*, comme les mousses, produisent par la germination de leurs spores un organisme qu'on peut regarder comme la première phase de leur développement, comme la première génération, auquel on a donné le nom de *protonema*. D'après de Bary¹, l'oospore fécondée s'entoure d'une membrane incolore; les parois intérieures des cellules corticales du carpogonium se lignifient et se colorent en brun ou en noir, tandis que les parois extérieures se détruisent. C'est dans cet état que le carpogonium avec son oospore passe l'hiver. Lors de la germination, au printemps, il s'accumule au sommet de l'oospore une masse plasmatique claire qui se différencie du reste du protoplasma renfermant de grosses gouttes d'huile et des grains d'amidon, comme première cellule nodale (Knoten-zelle). Celle-ci se divise par une cloison longitudinale en deux cellules, dont l'une se développe en un premier rhizoïde, tandis que l'autre devient le protonema renfermant de la chlorophylle. Ce dernier s'allonge, formant une longue cellule cylindrique qui, à sa partie supérieure, développe la pointe du protonema (Vorkeimspitze), qui se compose de plusieurs cellules.

Pendant le printemps de cette année (1888), j'ai pu observer

¹ Zur Keimungsgeschichte der Charen; *Bot. Zeitung*, 1875.

la germination d'une oospore de *Chara* qui avait passé l'hiver dans de la vase prise en automne 1887 dans le lac de Bret. Le carpogonium qui renfermait l'oospore était devenu noir. L'oospore développait en germant un protonema formant d'abord une cellule cylindrique de 2.5 centimètres de longueur ; à sa partie supérieure se développait plus tard la pointe du protonema, formant un prolongement latéral cloisonné. La jeune plante obtenue par cette germination, avec ses rhizoïdes et ses premières feuilles, était identique avec celle de *Chara fragilis* que Sachs a représentée d'après Pringsheim dans son *Lehrbuch der Botanik* (4^e édit., 1874, p. 295).

C'est dans la cellule allongée du protonema de *Chara fragilis* que j'ai pu observer la rotation du protoplasma aussi bien que dans les cellules internodales de *Nitella hyalina*. Les grains de chlorophylle se développent d'abord dans la partie supérieure de la cellule allongée, tandis que la partie inférieure renferme encore du protoplasma incolore. A l'intérieur de la paroi cellulaire se différencie une mince couche de protoplasma inerte, sans mouvement ; les grains de chlorophylle sont fixés à la face intérieure de cette couche, qui se trouve en repos. A l'intérieur de ce protoplasma inerte se trouve une couche de protoplasma relativement épaisse qui exécute son mouvement de rotation. Plus tard cette couche se différencie en une partie extérieure plus dense et une partie intérieure plus fluide. C'est dans le courant de la partie la plus fluide que nagent des corps plasmatiques ordinairement de forme globuleuse, quelquefois hérissés de petites protubérances (Wimperkörperchen, Sachs), sur le rôle desquels on ne connaît encore rien. Il ne faut pas confondre ces corps plasmatiques avec les noyaux cellulaires mentionnés par Strasburger, qui, en se divisant, présentent quelquefois un aspect moniliforme.

Comme Nägeli l'a observé, le courant rotatoire montre son maximum de vitesse dans la partie du protoplasma qui se trouve à l'intérieur de la couche plasmatique inerte, tandis que la vitesse diminue vers l'intérieur. Nous voyons ici la différence qui existe entre un liquide coulant sous l'influence de la pesanteur et le protoplasma vivant qui se meut par des forces indépendantes de la pesanteur. Ce fait explique pourquoi les corps plasmatiques qui nagent dans la couche intérieure plus riche en eau, se devancent les uns les autres, lorsque par leur surface ils plongent dans des courants rotatoires de vitesse différente.

D'après Pfeffer (Pflanzenphysiologie, II, 390), des actions mécaniques et électriques provoquent dans le protoplasma en mouvement une tendance à la séparation de masses plasmatiques, sans ralentir toujours le mouvement. Des actions semblables pourraient contribuer à la formation des corps plasmatiques qui se différencient de la couche plasmatique extérieure. Lorsqu'on plie une cellule internodale de *Chara*, le protoplasma se divise en deux ou plusieurs corps plasmatiques. On serait tenté de trouver une certaine analogie avec ce qui se passe dans les tentacules de *Drosera*.

A mesure que les tentacules de *Drosera rotundifolia* se courbent sous l'influence d'une irritation mécanique ou chimique, le contenu des cellules qui se trouvent sous l'influence de cette irritation se trouble subitement par la séparation de fines particules qui se groupent peu à peu en masses globuleuses formées principalement de matières albumineuses, colorées en rouge par la matière colorante dissoute dans le liquide intracellulaire. Pendant tout ce temps le protoplasma pariétal continue son mouvement rotatoire. (Pfeffer, loc. cit.)

Malgré l'analogie que présente le phénomène précédent avec la formation des masses plasmatiques dans les cellules de *Chara*, il faut bien observer que dans les cellules des tentacules de *Drosera*, les masses albumineuses se forment dans le liquide intracellulaire, tandis que le protoplasma vivant des courants pariétaux reste incolore et ne participe pas directement à la formation des masses albumineuses.

Lorsqu'on place une solution très diluée de violet de gentiane sur une partie limitée de la cellule allongée du protonema de *Chara fragilis*, celle-ci se colore en violet pâle, tandis que les boules, semblables à des leucoplastes, se colorent en violet plus foncé. Au commencement de cette coloration, le courant plasmatique continue encore. Les boules colorées en violet sont entraînées par le protoplasma dans la partie de la cellule qui n'est pas colorée. Lorsqu'on coupe cette partie de la cellule, les boules colorées sortent avec le protoplasma.

Lorsqu'on examine les différents facteurs qui jouent un rôle dans les mouvements du protoplasma, on en trouve un dont l'influence est parfaitement constatée : c'est la respiration. Toutes les fois qu'on exclut l'oxygène pendant la respiration d'une plante, le mouvement du protoplasma s'arrête, quand même la plante se trouve éclairée (Pringsheim). On obtient ce résultat

en plongeant les plantes dans des gaz irrespirables, par exemple l'hydrogène, l'azote, etc. Mais il est assez difficile d'exclure ainsi l'oxygène d'une manière absolue. Pour mieux atteindre ce but, j'ai plongé les plantes dans lesquelles on observait le mouvement plasmatique d'une manière très prononcée, dans de la fine huile d'olive. Dans ce cas, le mouvement du protoplasma s'arrête rapidement¹. Lorsqu'on fait cette expérience avec le protonema de *Chara fragilis*, non-seulement le mouvement rotatoire cesse, mais les boules plasmatiques qui nageaient dans la couche la plus fluide du protoplasma présentent alors un aspect granuleux et une fine pellicule se sépare de la partie compacte.

Dans les cellules des feuilles d'*Elodea canadensis* détachées de la plante et sorties de l'eau, le mouvement rotatoire du protoplasma continue aussi longtemps que la feuille est encore mouillée; à mesure qu'on enlève l'eau qui la recouvre à l'aide d'un fin papier buvard, sans exercer de pression, le mouvement se ralentit, et lorsque l'eau a été entièrement enlevée, il s'arrête complètement, quand même la feuille se trouve en contact avec l'air. Non-seulement il y a arrêt complet du mouvement, mais les grains de chlorophylle se groupent en masse. Les plantes aquatiques respirent par conséquent en absorbant l'oxygène qui se trouve en solution dans l'eau, comme les animaux qui respirent par des branchies. Le mouvement plasmatique s'arrête même dans les feuilles d'*Elodea* encore attachées à la tige lorsque celle-ci est en partie émergée.

Une tige feuillée d'*Elodea* coupée à sa partie inférieure de 18 cm. de longueur, fut émergée sur une longueur de 5 cm. Bientôt les feuilles émergées se flétrirent et le mouvement rotatoire cessa dans leurs cellules, tandis qu'il continuait dans les feuilles immergées. Lorsqu'on plonge des grains de pollen de *Narcissus poeticus* dans le mucus qui s'écoule de la hampe coupée, le tube pollinique commence à se former au bout d'une demi-heure dans le mucus qui se trouve à l'air, tandis qu'on n'en voit alors aucune trace dans celui qui est couvert par un verrelet. Les tubes polliniques s'allongent dans le premier cas presque à vue d'œil et dans leur intérieur se montrent des courants plasmatiques. La concentration du mucus est maintenue

¹ J'ai vu par une note de Pfeffer (Pflanzenphysiologie, 391) que Hofmeister et Kühne avaient produit l'arrêt du mouvement plasmatique en employant la même méthode.

également dans les deux cas. L'air joue donc ici un rôle dans le mouvement du protoplasma et dans l'allongement du tube pollinique.

Nous ignorons la cause mécanique, physique ou chimique qui produit le mouvement du protoplasma; mais nous avons vu que ce mouvement est une fonction vitale dépendant de la respiration, c'est-à-dire de l'action chimique de l'oxygène. Parmi les autres facteurs qui influent sur ce phénomène, nous trouvons la chaleur. On observe un minimum, un optimum et un maximum de température, au-dessous et au-delà desquels tout mouvement plasmatique s'arrête. Or, abstraction faite de la chaleur venant du dehors, la chaleur produite dans les cellules végétales dépend en partie de la respiration, c'est-à-dire de la combinaison de l'oxygène et du carbone. Quelles que soient les autres sources de forces vives qui agissent dans la plante, il est évident que la respiration produit dans la cellule végétale une provision de force vive servant au travail qui s'opère dans la cellule et à la production de chaleur.

Supposons que, par la respiration, il se produise un centimètre cube de CO_2 , il en résulterait pour la plante une provision de force égale à 1987725 gramme-millimètres, c'est-à-dire une force capable d'élever un gramme à la hauteur de 1987 mètres (Reinke). Quand même une cellule végétale n'utiliserait qu'une minime partie de cette force, celle-ci serait bien suffisante pour contribuer au mouvement du protoplasma en changeant continuellement son équilibre chimique.

Le protoplasma est un corps vivant qui est le siège de forces chimiques, physiques, mécaniques qui se manifestent d'une certaine manière pendant la vie, mais qui ne constituent pas la vie elle-même; ces mêmes forces se manifestent tout autrement dans le protoplasma mort. Les forces mécaniques, chimiques et physiques, se manifestent dans l'organisme vivant sous une forme toute particulière que nous désignons par le nom d'irritabilité, c'est-à-dire la propriété de réagir contre toute excitation.

Le protoplasma vivant possède cette propriété, et c'est grâce à l'irritabilité que les actions dont nous venons de parler provoquent son mouvement, comme des actions de même nature produisent la contraction de la fibre musculaire irritable, contraction sur laquelle la chaleur, la présence de l'oxygène, etc., exercent une influence comme sur le mouvement du protoplasma.

Mais, malgré tout cela, nous ignorons encore la cause réelle de la contraction musculaire, autant que nous ignorons celle du mouvement du protoplasma dans une cellule, d'une zoospore qui nage dans l'eau, ou d'un spermatozoïde qui, après avoir quitté l'antheridium, traverse l'eau pour pénétrer dans l'oosphère de l'archegonium.

Le pourquoi, la cause réelle d'un grand nombre de phénomènes de la physiologie végétale nous échappe encore complètement.

NOTE

sur une nouvelle forme d'hygromètre à condensation,

par Henri DUFOUR, prof. à l'Académie de Lausanne.

Pl. V.

L'hygromètre à condensation a subi bien des modifications entre les mains des physiciens; presque toutes ont eu pour objet d'augmenter la facilité d'appréciation du moment où commence le dépôt de rosée ou du moment où il disparaît. L'emploi de surfaces métalliques polies, proposé par Régnault, et l'observation facile du contraste entre l'éclat d'une surface polie sèche et l'aspect terne de cette surface lorsque la rosée commence à se déposer, permettent d'apprécier facilement les diverses phases de la condensation dans les appareils de Régnault et de M. Al-luard ¹.

La construction d'hygromètre à condensation intérieure tel que celui de M. Crova ² est un nouveau progrès accompli, et ce n'est pas l'un des moindres; avec l'hygromètre de M. Crova, l'observateur peut se placer à une certaine distance de la masse d'air dont il veut mesurer l'état hygrométrique, cet air peut circuler toujours avec la même vitesse près de la surface polie

¹ *Journal de physique*, 1878. Vol. VII, p. 328.

² *Journal de physique*, 1883. Vol. II, 2^{me} série, p. 166.

et froide, puisque cette surface recouvre l'intérieur du tube même dans lequel passe l'air; il en résulte que l'influence de l'état de repos ou de mouvement de la masse d'air extérieur n'intervient plus, aussi croyons-nous que les hygromètres à condensation intérieure se répandront de plus en plus dans les observatoires météorologiques.

Ce sont les qualités de ces instruments qui nous ont engagé, au cours de recherches sur les propriétés des substances hygrométriques, à donner à l'hygromètre à condensation intérieure une forme nouvelle qui nous paraît présenter certains avantages sur celles proposées jusqu'ici.

A côté de la facilité et de l'exactitude de l'observation de l'état de la surface polie sur laquelle s'opère la condensation, un bon hygromètre à condensation doit présenter une seconde qualité non moins nécessaire, c'est que la température indiquée par le thermomètre donnant le point de rosée soit bien celle de la surface sur laquelle cette rosée est observée. Or, il nous semble que, de ce côté-là, la plupart des hygromètres à condensation laissent à désirer. Ordinairement le thermomètre plonge dans le liquide volatil, dont l'évaporation rapide détermine l'abaissement de température des surfaces métalliques qui l'entourent. Ce liquide, malgré l'agitation dont il est le siège par le fait du passage du courant d'air destiné à le vaporiser, a des températures variables d'un point à l'autre et surtout très rapidement variables d'une seconde à l'autre, tandis que la surface polie a une température qui suit avec un certain retard celle du liquide. Il y a donc avantage, nous semble-t-il, à placer le thermomètre *dans l'intérieur même de la masse métallique sur laquelle se fait la condensation*. La température indiquée, dans ces conditions, par l'instrument, se rapproche beaucoup alors de celle de la surface polie, surtout si la masse métallique est très conductrice et assez volumineuse. C'est guidé par ces considérations que nous avons construit l'hygromètre à condensation que nous allons décrire.

L'instrument (pl. V, fig. 1) se compose d'une boîte cylindrique AA de 6 centimètres de diamètre sur 6 centimètres de hauteur; sur les côtés du cylindre sont fixés trois tubes B, B et C de 2,5 c. de diamètre; les axes des tubes B, B sont sur un même diamètre, tandis que C a son axe perpendiculaire à l'axe commun des deux autres. Les tubes B, B sont fermés extérieurement l'un par une glace dépolie, l'autre par une glace transpa-

rente; le tube C est, comme dans l'appareil de M. Crova, muni d'une loupe. Les deux tubes B, B, portent en outre les deux tubulures latérales T, T dont l'une est mise en communication avec un aspirateur quelconque, et l'autre avec l'air dont on veut déterminer le degré hygrométrique.

Le couvercle D de cette boîte cylindrique est percé d'une ouverture rectangulaire de 2.8 c. de côté, dans laquelle sont soudés l'appareil de condensation et le réservoir du liquide volatil. Cet appareil se compose d'une boîte prismatique de 9 c. de hauteur sur 2.8 c. de côté, cette boîte dépasse de 3 c. la face supérieure du couvercle et plonge de 6 c. dans l'intérieur du cylindre AA. La face antérieure de ce prisme est dans le plan de l'axe des tubes B, B; c'est-à-dire sur le diamètre du cylindre. La face postérieure et les deux faces latérales sont en laiton, tandis que la face antérieure est en cuivre argenté; elle est formée d'une plaque épaisse de cuivre rouge, très conducteur, de 1.2 c. d'épaisseur, argentée sur sa face externe; cette plaque est percée, suivant son grand axe, de haut en bas d'un trou de 8 c. de profondeur sur 8 mm. de diamètre, destiné à recevoir le thermomètre.

D'après ce qui précède, on voit que, derrière la plaque de cuivre, il reste un espace rectangulaire de 1.6 c. d'épaisseur sur 2.8 c. de largeur et 9 c. de hauteur pour le liquide volatil qui baigne toute la largeur et la hauteur de la plaque de cuivre. Un couvercle rectangulaire, percé de trois tubulures, ferme extérieurement la boîte prismatique; l'une de ces tubulures est au-dessus du trou percé dans le bloc de cuivre et sert à laisser passer la tige du thermomètre, les deux autres servent à l'arrivée et à la sortie du courant d'air qui doit traverser le liquide pour l'évaporer.

Le fonctionnement de l'appareil est le suivant: le couvercle de la boîte cylindrique est tourné de telle façon que la lumière arrivant par l'une des tubulures B, B soit réfléchi par la face argentée suivant l'axe de la tubulure C, par laquelle l'observateur regarde la surface argentée; on fait circuler l'air, dont on veut déterminer l'état hygrométrique, dans le cylindre AA, cet air entoure donc de toutes parts la boîte prismatique, en même temps un courant d'air est insufflé dans le liquide volatil (éther ou alcool) et abaisse graduellement la température de la plaque de cuivre argentée. Le thermomètre placé entre le liquide réfrigérant et la surface de condensation est entouré, pour établir un bon contact, de limaille de cuivre très fine et bien tassée dans le trou de la plaque de cuivre. Le dépôt de rosée apparaît comme

dans l'appareil de M. Crova, sous forme de taches sombres qui envahissent peu à peu la surface polie.

Pour faciliter encore l'observation de ce dépôt, nous employons un système de contraste analogue à celui employé dans les appareils de M. Régnault et de M. Alluard; une plaque mince de cuivre argenté de 3 c. de hauteur (fig. 2) et dont les bords sont pliés à angle droit peut glisser sur la plaque de cuivre argentée sur laquelle se fait le dépôt de rosée; la face non argentée de cette lame est couverte d'une feuille de papier mince qui l'isole thermiquement en partie du bloc de cuivre sur lequel elle glisse; il en résulte que lorsque la température est celle du point de rosée pour le bloc de cuivre, elle n'a pas encore atteint cette valeur sur la petite lame qui reste brillante quelque temps encore après le moment où ce dépôt de rosée a commencé, et le contraste entre les deux surfaces voisines est très net. En abaissant encore un peu la température, la lame de contraste se ternit aussi par le dépôt de rosée; pendant la période de réchauffement, elle permet alors d'observer le moment exact de la disparition de la rosée sur le bloc de cuivre, puisqu'elle reste terne un peu après que la surface de condensation est devenue brillante.

En enlevant le couvercle de la boîte AA, on enlève en même temps tout l'appareil de condensation qui, placé sur un support spécial (fig. 2), sert alors d'hygromètre à condensation à l'air libre tel que celui de M. Alluard.

Les avantages que nous paraît présenter cette forme d'hygromètre sont, d'abord, de n'exiger que de petites quantités de liquide volatil, de fonctionner comme hygromètre à condensation intérieure ou hygromètre à condensation à air libre et surtout de donner plus exactement que tous les appareils que nous connaissons, la température du dépôt de rosée. En effet, en observant un thermomètre plongé dans le liquide volatil et un autre placé dans la plaque de cuivre rouge, nous avons constaté les différences suivantes; nous n'en donnons que quelques-unes :

Tempér. dans le liquide.	Tempér. dans le cuivre.
11°5	12°7
9°7	11°3
10°6	11°3
10°9	11°4
10°4	10°9
10°6	11°1
11°3	11°8

Ces différences proviennent surtout de la faible conductibilité du liquide, car entre deux points d'une masse de cuivre très conducteur, il ne peut exister que des différences de température très petites, surtout lorsque les températures extrêmes des deux faces sont elles-mêmes peu différentes. Ce fait nous paraît être hors de doute, il a fait du reste l'objet d'une étude très approfondie de la part de M. H.-F. Weber, dans ses recherches sur la conductibilité des liquides ¹.

En tout cas, le thermomètre placé dans le cuivre indique une température beaucoup plus rapprochée de celle de la face de condensation que celui qui est dans le liquide; en outre, cette température varie d'une façon bien plus régulière et graduelle que celle du liquide volatil, la masse de cuivre fonctionnant comme régulateur de la température; nous croyons donc qu'à tous égards il y a avantage à employer un bloc épais avec thermomètre intérieur au lieu des lames minces avec thermomètre dans le liquide ².

L'appareil employé pour la vaporisation du liquide présente aussi une particularité que nous devons signaler: il est formé d'un tube de plomb (fig. 3) courbé en U et fermé à l'une de ses extrémités, ce tube est criblé de petits trous par lesquels s'échappe l'air qui agit ainsi partout dans le liquide et l'entraîne moins facilement que ne le ferait l'insufflation de l'air par un tube droit.

On peut employer comme aspirateur et comme insufflateur une ou deux poires de caoutchouc à soupapes.

Lausanne, 2 mai 1888.

Laboratoire de physique.

¹ H.-F. Weber. Untersuchungen über die Wärmeleitung in Flüssigkeiten, Vierteljahrsschrift der Zürcher naturf. Gesellschaft. 1879, p. 9.

² L'emploi d'éléments thermoélectriques conviendrait fort bien dans ce cas mais compliquerait l'appareil, c'est pour cela que nous avons conservé le thermomètre à mercure à réservoir cylindrique. H. D.



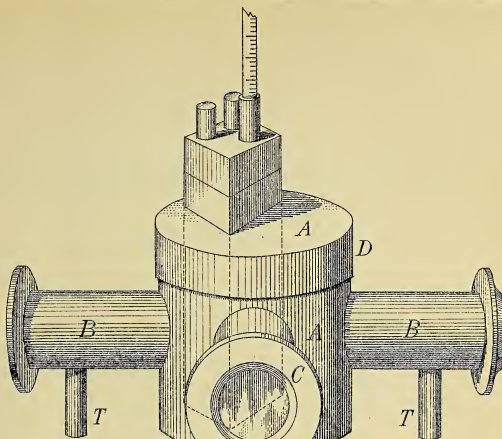


Fig. 1.

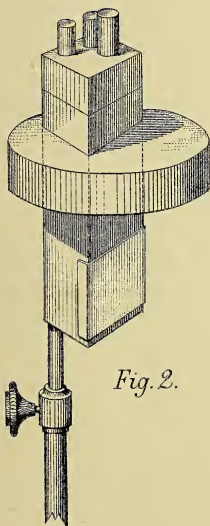


Fig. 2.

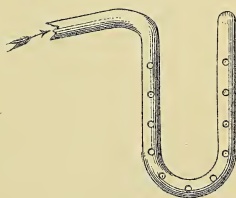


Fig. 3.

QUELQUES MOTS
SUR LES
PHÉNOMÈNES GLACIAIRES
PAR
TH. DE MEURON.

Nous trouvons, dans le compte-rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles du mois de septembre 1887, une description détaillée de 27 blocs erratiques, qui se trouvent un peu à l'est du hameau de Clendy, près d'Yverdon, et qui sont dans l'emplacement d'une grande station lacustre s'étendant de Clendy jusque près d'Yvonand.

Quelques années avant 1840, étant occupé de pêche avec mon beau-père, il me disait, lorsque nous passions dans ces parages sur de nombreux piquets, *qu'il avait toujours entendu dire qu'ici existait autrefois une ville.*

C'était au moins une 15^e d'années avant la première découverte des habitations lacustres dans le lac de Zurich.

Dans mon enfance j'habitais Corcelettes, au bord du lac près de Grandson; là, je voyais toujours une quantité de piquets bien alignés, à distances égales; lorsque le lac était fort bas, leurs têtes sortaient de quelques pouces au-dessus de l'eau; ces piquets étaient placés sur deux rangs distants l'un de l'autre d'environ 2 1/2 pieds et disposés en carré d'environ 12 pieds de côté; l'intervalle des rangées était rempli de petits cailloux de la grosseur du poing et formait comme une espèce de muraille; je crus toujours que ces piquets étaient les restes d'une grande pêcherie qui alimentait les couvents de Grandson, de la Lance et autres, mais dès la découverte des stations lacustres, des pêches et fouilles furent tentées et constatèrent que, soit à Clendy, soit à Corcelettes, on avait à faire à de vastes stations lacustres, qui sont maintenant en terre ferme par l'abaissement des eaux du lac.

Les blocs erratiques dans la contrée d'Yverdon étaient fort nombreux, et, d'après leur dispersion dès Yverdon au travers du lac, sur la plaine, au pied du Jura et sur les flancs de la mon-

tagne, nous nous trouvions, si je puis m'exprimer ainsi, sur la principale route de ces blocs.

Aux environs d'Yverdon ils étaient très fréquents, car, lorsque la maison du Champitet fut bâtie vers 1780, tous les blocs erratiques qui purent être saisis *par des pinces, qui existent encore dans la dite maison*, furent pêchés et utilisés bruts à faire une digue contre le lac tout le long du domaine; cette digue a plus d'un kilomètre de long.

Les blocs décrits par M. de Sinner n'ont pu être pêchés, parce qu'ils se trouvent encore empâtés dans des graviers vaseux. Sur la rive de Grandson on trouve encore beaucoup de blocs, et sur les terrains jusqu'au pied de la montagne ils étaient fort nombreux, mais disparaissent petit à petit; celui-là même, *sur lequel Charles le Téméraire étant assis*, tint son dernier conseil de guerre la veille de la bataille, a été en grande partie exploité; il ne reste que sa base visible à fleur du sol.

La route suivie par les blocs erratiques était fort large, puisque ces blocs se rencontrent dès la Neuveville jusqu'au-delà de Cossonay et peut-être plus loin encore; nous ne parlons ici que du Glacier du Rhône, mais, d'après la dispersion des blocs, leur plus grand courant a été de Boudry à Baulmes et Yverdon semble avoir eu le plus fort passage.

Fait singulier, les blocs erratiques, nombreux dans la plaine occupant les deux versants du Jura, sont extrêmement *rare*s sur le plateau de la montagne et ne dépassent pas la hauteur des cols, dont le plus élevé est à 1150 mètres.

Nous rencontrons donc sur le versant du Midi des blocs erratiques un peu partout, mais ne dépassant guère 1100 à 1150 mètres. Ils sont encore très nombreux à cette hauteur sur le territoire des Bullets, en face d'Yverdon; d'assez nombreux blocs ont contourné le Chasseron, du côté du Vent, et ont été déposés dans le Val-de-Travers; le vallon si fermé de St-Sulpice en possède 4 de fortes dimensions, et ils sont fréquents, mais de moindre grandeur, au haut du défilé de la Chaîne, du côté des Verrières, à une altitude de 923 mètres; ils ont donc franchi la chaîne du Jura entre Ste-Croix et le Mauborget, puis la seconde chaîne, soit la montagne qui domine Buttes. Un autre grand courant eut lieu en avant du Creux-du-Vent, soit devant son ouverture du côté du levant; ce courant, refoulé par la montagne de Boudry, pénétra dans le Val-de-Travers, vis-à-vis de Noiraigue, et autour du hameau de Vers-chez-Joly s'effectua un dépôt d'er-

ratiques de grosses dimensions et en très grand nombre; après les erratiques de Monthey, ce sont peut-être les plus importants en quantité, mais beaucoup sont déjà exploités.

Les blocs erratiques sont fort rares et de petites dimensions au nord d'une ligne tirée par la Vue des Alpes jusqu'à Pontarlier; il s'en trouve un dans la chaîne qui encaisse le Doubs, c'est un schiste ou un gneiss, au bord d'un sentier, dans une forêt appartenant au *Locle*; cette pierre est connue de tous les habitants au loin à la ronde, et se trouve à 882 mètres d'élévation.

Il y a une dizaine d'années, en construisant la route de la Chaux-de-Fonds à Biaufond, on découvrit aussi dans le talus de la route, un peu avant d'arriver à la Maison Monsieur, un gneiss d'une certaine grandeur et à une altitude de 750 mètres; c'est le bloc le plus rapproché de France qui soit connu; il est à environ 300 mètres du Doubs.

Dans toutes ces contrées nous n'avons nulle part aperçu des moraines frontales, mais bien de puissants dépôts alpins qui semblent avoir été formés par la chute de ces matériaux depuis le glacier fondant. Ces graviers alpins encore un peu anguleux, formant une pente arrondie assez roide, reposent sur les rocs du bas de la montagne; ainsi aux environs de Fleurier, ce terrain n'est pas couvert de bois et sert de pâturage au pied de la montagne entre les bois et les champs cultivés.

Un autre dépôt du même genre, mais bien plus important, se trouve au midi du Locle; il forme un vaste plateau un peu incliné contre le village et qui se termine par une forte pente; celle-ci est toute formée de débris alpins et il a dû se trouver sur le plateau de petits blocs erratiques très arrondis, mais ne dépassant guère la grosseur d'une tête humaine; ils ont servi à construire la plupart des clôtures pour les biens qui entourent cette plaine connue sous le nom de Grand Communal.

Vis-à-vis de ce dépôt, tout comme vis-à-vis de celui de Fleurier, un amas de débris de graviers calcaires semble résulter de l'effet du Glacier dans sa grande fonte.

Le professeur Agassiz fit sa première découverte de roches polies, érosées et *striées*, dans les forêts situées au-dessus du Landeron et appartenant à cette ville; il s'y trouve des roches dénudées, légèrement inclinées au midi, qui sont parfaitement unies, et dans leur voisinage on trouve sur des mêmes roches des stries parallèles et distantes de 1 à 1 1/2 pouce, en forme de petites ondes très régulières.

Les roches polies sont sur les mêmes couches dans le voisinage et je crois que M. Agassiz a peut-être un peu trop étendu l'importance des roches polies, car évidemment quelques-unes de ces surfaces polies ne sont réellement que quelques délités de ces couches.

Les roches érosées sont aussi nombreuses dans cette localité, mais ne sont pas sur les mêmes couches que les roches polies qui sont jaunes, les premières étant grises et dénotant la présence de l'argile; ce ne serait pas de la marne mais du calcaire plus ou moins marneux. Les érosions sont parallèles, suivant la pente elles sont nombreuses, de 5 à 8 centimètres de profondeur, avec de fréquents petits bassins provenant du réjaillissement des gouttes; on remarque à ces érosions un très long travail de l'eau. Les bords sont tout raboteux, mais le fond des canaux est propre, sans être précisément poli; leur rugosité peut bien être attribuée à l'influence atmosphérique depuis la retraite du glacier.

C'est dans le canton de Neuchâtel que nous trouvons les plus fâcheux effets du glacier; il y a dénudé, jusqu'aux roches de base, une quantité de places de diverses dimensions, formant comme des îles dispersées dans les bons terrains, et notamment dans les forêts, où la main de l'homme n'a pas eu d'intérêt à les faire disparaître; par contre, le canton de Vaud doit sa grande fertilité aux dépôts alpins qui recouvrent en totalité la plaine, à des profondeurs diverses; ces dépôts sont en majeure partie sur les graviers si nombreux de la plaine, et le terrain primitif se rencontre très rarement et principalement aux environs d'Eysins au-dessus de Coppet, en Veitay, à Chavannes-de-Bogis, etc., etc.

On peut diviser les terrains vaudois en trois catégories :

La région des Alpes qui a fourni la plupart des matériaux couvrant la plaine; cette région est fertile par son humidité et son arrosage, elle produit une végétation très plantureuse et contribua à la formation d'une couche d'humus, si favorable à la végétation.

La plaine, sur laquelle les nombreux débris des Alpes ont été déposés partout, ainsi que leurs boues, avec plus ou moins d'abondance, et ont formé nos terrains à vignes, champs et prés.

Le Jura, formé de roches calcaires, si diversifiées dans leurs positions et délitements (fentes, fendillements), recouvertes d'une terre éminemment calcaire; ces roches forment un ensemble totalement dépourvu d'eau; ce manque d'humidité constitue une

contrée sèche, chaude et recouverte d'une végétation languissante; dans la région du Jura, le transport alpin est rare, fort rare même sur le plateau.

En terminant, nous citerons quelques blocs erratiques qu'il serait utile de conserver, s'ils ne sont pas encore désignés dans la liste qui a été établie dans ce but :

Deux très gros granits d'un beau grain régulier et assez fin dans les forêts de Baulmes. Un beau et gros bloc dans les bois de Bougeries entre Morges et Apples. Trois gros granits dans le vallon de St-Sulpice.

La pierre noire dans le bois de Ville du Locle, le gneiss dans le talus de la route de Biaufond, au-dessus de la Maison Monsieur (vallée du Doubs), altitude 750 mètres, et à environ 300 mètres au midi du bord du Doubs; c'est le bloc le plus rapproché de la France.

J'arrête ici l'énumération des si nombreux blocs erratiques dispersés, tant sur nos plaines que sur le versant méridional du Jura et au débouché de la plupart des cols de celui-ci.

Le grand glacier s'étendait dès les Alpes de la vallée du Rhône par dessus les lacs de Genève, de Neuchâtel et autres, sur une longueur de 110 kilomètres, soit dès la Dent du Midi à la rivière du Doubs, avec une pente générale de *un et demi pour cent*.

L'épaisseur de la couche de glace au-dessus du lac de Genève devait être de 2500 * mètres et sur celui de Neuchâtel de 900 mètres.

Le glacier, atteignant le Jura, l'a franchi seulement par ses cols, laissant émergeantes les principales arêtes et sommités (la Dôle, le Mont-Tendre, le plateau jouxtant le Creux-du-Vent, la montagne de Boudry, etc., etc.).

Il avait envahi le Val-de-Travers, passant par le Mauborget, la vallée de La Vaux, franchissant encore le mont de Buttes et remplissant le profond vallon de St-Sulpice. Il y déposait 4 blocs d'une grande dimension, après en avoir abandonné une énorme quantité vers Ste-Croix, les Bullets, le Mauborget, tous en face d'Yverdon. Par le col au nord-est du Creux-du-Vent, il envahissait une partie du Val-de-Travers et, par la Tourne, comblait la vallée tourbeuse des Ponts où la couche de glace devait avoir environ 128 mètres.

* Ce chiffre paraît un peu élevé, nous en laissons la responsabilité à l'auteur.
(L'Éditeur.)

Le professeur Guyot avait fait une étude spéciale des blocs erratiques déposés par le Grand Glacier, il en avait dressé une carte avec beaucoup de soin. Il quitta la Suisse avec Agassiz pour se rendre en Amérique, où il est mort il y a peu d'années ; nous ne savons pas ce qu'est devenue cette carte * qui serait si utile et si intéressante à étudier au moment où nous voyons disparaître journellement quelques-uns de ces blocs.

* Cette carte existe et elle a été présentée par M. de Tribolet à la Soc. helv. des Sc. nat., réunie au Locle en 1885.



DERNIÈRES PUBLICATIONS
de la librairie F. ROUGE, éditeur,
rue Haldimand, 4, Lausanne.

LES ALPES SUISSES

par Eugène RAMBERT.

Première série : ASCENSIONS & FLANERIES. Alpes vaudoises et Dent du Midi.

Contenu : Les plaisirs d'un grimpeur. — La Dent du Midi. — Bex. — Deux jours de chasse sur les Alpes vaudoises. — Une course manquée. — C'est le renard, histoire de chasse. — Villars, Chesières et les Alpes vaudoises. — La fête de la mi-été à Anzéindaz. — *Appendice :* A propos de l'accident du Cervin. — Beau vol. in-12 3 fr. 50

Seconde série : ASCENSIONS & FLANERIES. Alpes centrales.
Contenu : Linththal et les Clarides, trois jours d'excursion. — Le Pilate et le Righi. — Le Rayon bleu. — Le Bristenstock. — De Schwytz à Schwytz, par Sion. — Le Rheinthal après l'inondation. — Croquis et notes de voyage. — Beau vol. in-12 3 fr. 50

La troisième série, qui est sous presse, contiendra : Etudes d'histoire naturelle : Les plantes alpines ; — La flore des Alpes et ses origines ; — La question du föhn ; — Le voyage du glacier.

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

sa fondation, son développement,

par Eug. RAMBERT.

Dans cette brochure, où les savants défilent devant nos yeux avec leurs œuvres, chacun lira avec plaisir les noms de ces hommes, dont quelques-uns vivent encore. Personne n'a été oublié. Une parole est accordée à chacun. Parole bienveillante et toujours sympathique.

Nous engageons les amis d'Eug. Rambert et tous ceux qui s'intéressent au mouvement scientifique qui s'est produit dans notre canton et qui s'est développé depuis la fondation de la Société vandoise des sciences naturelles, à se procurer cette brochure.

DU MÊME AUTEUR :

DERNIÈRES POÉSIES : Les Gruyériennes. — Poésies diverses.
Un volume elzévir, 5 fr. ; jolie reliure toile, doré sur tranche, 6 fr. 50

CATALOGUE DE LA FLORE VAUDOISE, par DURAND et PITTIER. Troisième et dernier fascicule, 2 fr. 50 ; l'ouvrage complet, 7 fr. 50
THE FLORA OF THE PAYS-D'ENHAUT (Switzerland) a bontanical account by prof. H. PITTIER. 30 c.

L'ARMORIAL VAUDOIS, par A. DE MANDROT. Seconde édition, embrassant l'ancien Pays de Vaud et une partie du Chablais, les armoiries des évêques de Sion, de Lausanne et de Genève, des abbés de St-Maurice, des administrateurs de l'Evêché de Genève, des baillis de Vaud, du Chablais, et celles des Villes. 966 écussons coloriés. En carton, 30 fr. ; rel. 35 fr.

NOUVEAUTÉS SCIENTIFIQUES

LEÇONS DE PHYSIQUE

à l'usage des étudiants, des élèves des gymnases et de ceux des classes supérieures des écoles industrielles, par Henri DUFOUR, professeur à l'Académie de Lausanne.

Premier fascicule :

Propriétés générales des corps, actions moléculaires. — Etude de la chaleur ou thermique. In-4 autographié, nombr. grav., 3 fr.

Deuxième fascicule :

Electricité et magnétisme. Premier cahier, in-4, avec grav., 2 fr. 50

LIBRAIRIE F. ROUGE

Rue Haldimand, 4, Lausanne.

- Les minéraux des roches**, application des méthodes minéralogiques et chimiques à leur étude microscopique, par A. MICHEL LÉVY, inspecteur en chef des mines, et données physiques et optiques, par A. LACROIX. 1 vol. in-8, avec 218 fig. et une planche coloriée 12 fr. 50
- Traité élémentaire**, par J. JOUBERT, professeur au collège Rollin. In-8, avec 321 figures 7 fr.
- Traité élémentaire de l'accumulateur voltaïque**, par E. REYNIER. In-8, avec 62 figures 6 fr.
- Analyse chimique des substances commerciales, minérales et organiques**, par Raoul JAGNAUX, directeur du laboratoire Hautefeuille. Fort volume grand in-8 20 fr.
- Eclairage à l'électricité**, renseignements pratiques, par Hippolyte FONTAINE. 3^e édition, in-8, 326 gravures 16 fr.
- Problèmes sur l'électricité**, recueil gradué contenant toutes les parties de la science électrique, par R. WEBER, professeur à l'Académie de Neuchâtel. In-12 5 fr.
- Éléments de zoologie**, par C. CLAU, abrégé de son grand ouvrage, trad. sur la 4^e éd. allemande par G. MOQUIN-TANDON. In-12, 867 grav., 12 fr.

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

DERNIÈRES PUBLICATIONS

- L'homme préhistorique**, étude d'après les monuments et les costumes, suivi d'une étude sur les mœurs et coutumes des sauvages modernes, par sir Lubbock. 3^e éd., revue et augmentée. 2 vol. in-8, avec 228 fig., 12 fr.
- Physiologie des exercices du corps**, par F. LAGRANGE 6 fr.
- Les régions invisibles du globe et les espaces célestes**, par A. DAUBRÉE 6 fr.

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE

NOUVELLES PUBLICATIONS

- Le microscope et ses applications à l'étude des végétaux et des animaux**, par E. COUVREUR, chef des travaux de physiologie à la Faculté de Lyon. In-12, 412 gravures 3 fr. 50
- Hygiène de la vue**, par GALEZOWSKI et KOFFF. In-12, 44 grav., 3 fr. 50
- Les plantes fossiles**, par B. RENAULT 3 fr. 50
- La télégraphie actuelle en France et à l'étranger**, lignes, réseaux, appareils, téléphones, par L. MONTILLOT, sous-directeur de télégraphie militaire. In-12, 181 gravures 3 fr. 50

SUPPLÉMENT

AUX

MERVEILLES DE LA SCIENCE

Description de toutes les inventions scientifiques depuis 1870,
par Louis FIGUIER.

Deux vol. grand in-8, illustrés de 800 grav., paraissant en 200 livraisons
à 10 centimes ou en 20 séries à 1 fr. 10 c.

Lausanne. — Imp. CORBAZ & Comp.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES SCIENCES NATURELLES

3^e S. — Vol. XXIV.

N^o 99.

Publié, sous la direction du Comité, par M. F. Roux.
Avec 6 planches et 12 tableaux météorologiques. — Prix : 4 fr. 50.

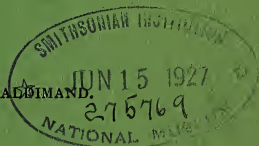
Contenu :	Pages
H. AMSTEIN. — Fonctions abéliennes du genre 3 (Pl. VI à X)	99
S. CHAVANNES. — L'éboulement du Tauredunum	173
H. DUFOUR et D. VALET. — Observations météorologiques pour l'année 1887 (Pl. XI et 12 tableaux mensuels)	179
Ch. DUFOUR. — La trombe du 19 août 1887, sur le lac Léman	212
H. BLANC. — Discours d'ouverture de la séance du 20 juin 1888, à Payerne	217
L. PELET. — Résumé des comptes pour 1887	223
Rapport de la commission de vérification des comptes à l'assemblée générale	224
PROCÈS-VERBAUX, d'avril à juillet 1888.	
LISTE DES LIVRES REÇUS, de novembre 1887 à novembre 1888.	

(Chaque auteur est responsable de ses écrits.)

AVIS IMPORTANT. — On est prié de tenir compte des avis insérés à la seconde page de la couverture.

LAUSANNE
LIBRAIRIE F. ROUGE, RUE HADIMAND.

Juin 1889.



COMITÉ POUR 1889

CHUARD, E., prof., laborat. du Tunnel, <i>Président</i> ,	Lausanne.
DUFOUR, Jean, docteur, rue Agassiz, <i>Vice-Président</i> ,	id.
BUGNION, Ed., Dr (Grand-Chêne, 1),	id.
FOREL, F.-A., prof.,	Morges.
GOLLIEZ, H., Dép. de l'instruction publique,	Lausanne.

BIBLIOTHÈQUE

Montée de St-Laurent, N° 22, maison de la Société de consommation, ouverte le MERCREDI et le SAMEDI, en été de 2 à 6 h. du soir, en hiver de 2 à 5 h., sauf pendant les séances.

<i>Bibliothécaire :</i>	M. L. MAYOR, prof. (Boulevard industriel).
<i>Editeur du Bulletin :</i>	» F. ROUX, Directeur de l'Ecole industrielle (La Source, Cour).
<i>Secrétaire de la Société :</i>	» ROBERT, W., assist. de physique (Charmettes).
<i>Caissier :</i>	» PELET ₃ L., prof. (Boulevard industriel).

AVIS

I. Les personnes qui désirent publier des travaux dans le Bulletin sont priées de tenir compte des observations suivantes :

1^o Tout manuscrit doit être adressé à l'*éditeur du Bulletin*. Il doit contenir l'adresse de l'auteur, l'indication du nombre d'exemplaires qu'il désire comme tirage à part, et celle du nombre de planches ou tableaux hors texte qui accompagnent le mémoire.

2^o Il ne sera fait de tirage à part d'un travail que sur la demande expresse de l'auteur.

3^o Les tirages d'auteurs peuvent être remis à leurs propriétaires avant que le Bulletin ait paru.

II. Nous rappelons aux Sociétés correspondantes que la *Liste des livres reçus*, publiée à la fin du volume, sert d'accusé de réception pour les publications qu'elles échangent avec nous.

On est prié de s'adresser à la librairie F. ROUGE pour la rectification des adresses qui ne seraient pas exactes.

FONCTIONS ABÉLIENNES DU GENRE 3

UN CAS PARTICULIER

PAR

H. AMSTEIN

PL. VI à X.

Avec quelques-uns de mes camarades d'études, j'ai eu la bonne fortune de suivre un cours général sur la théorie des fonctions abéliennes que mon vénéré maître, M. H. Weber, a fait une seule fois, en 1875, à l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich. Ce n'est que plusieurs années après que j'ai eu connaissance de son remarquable ouvrage intitulé : *Theorie der Abelschen Functionen vom Geschlecht 3*. (Berlin, 1876, chez Georg Reimer.) A la page 4 de l'introduction, l'auteur s'exprime comme suit : « Es ist damit nicht ausgeschlossen, dass es ausser den hyperelliptischen Functionen noch andere besondere Fälle gibt, in denen die Verzweigungspunkte eine wichtige Rolle spielen. Es würde dies z. B. eintreten bei den Functionen, welche von der Gleichung $x^4 + y^4 + z^4 = 0$ abhängen, welche überhaupt, obwohl (oder vielleicht gerade weil) sie durch elliptische Functionen vollständig dargestellt werden können, ein interessantes Beispiel für unsere Theorie liefern würden. »

« Cela n'exclut pas l'existence, en dehors des fonctions hyperelliptiques, d'autres cas particuliers, dans lesquels les points de ramification jouent un rôle important. Ce serait, par exemple, le cas des fonctions dépendant de l'équation $x^4 + y^4 + z^4 = 0$, qui fourniraient un exemple intéressant à l'appui de notre théorie, lors même que (ou peut-être justement parce que) elles peuvent être représentées complètement par des fonctions elliptiques. »

Après avoir lu et relu cet ouvrage avec le plus vif intérêt, je me suis décidé à traiter l'exemple proposé. Chemin faisant, j'ai rencontré certaines difficultés, auxquelles il fallait d'ailleurs s'attendre, de sorte qu'il m'a paru que ce travail, entrepris dans l'unique but de me familiariser autant que possible avec une théorie plus ou moins ardue, pourrait rendre quelque service à

ceux qui ont l'intention d'aborder ces régions de la science. C'est dans cet espoir, qu'encouragé par quelques amis, j'ose soumettre le présent mémoire au public mathématique.

Je me représente un lecteur, en possession de la théorie des fonctions $\mathcal{P}$ à trois variables et des caractéristiques à six éléments, et ayant devant lui l'ouvrage de M. Weber; à l'aide de ce travail, il lui sera aisé de suivre pas à pas l'ouvrage original.

Dans un second mémoire, je me propose de reprendre les problèmes fondamentaux de Jacobi et de Riemann, en ramenant ces questions sur le terrain des fonctions elliptiques.

Je saisis enfin cette occasion pour témoigner à mon vénéré maître toute ma gratitude de ce qu'il a bien voulu, à plusieurs reprises, s'intéresser aux efforts de son ancien élève.

Introduction.

L'équation qui sert de base à l'étude qu'on va entreprendre est la suivante :

$$x^4 + y^4 + z^4 = 0$$

ou

$$1 + \left(\frac{y}{x}\right)^4 + \left(\frac{z}{x}\right)^4 = 0.$$

Si l'on pose

$$\frac{y}{x} = z\sqrt{i}, \quad i = \sqrt{-1}$$

et

$$\frac{z}{x} = s\sqrt{i},$$

elle prend la forme

$$(1) \quad s^4 + z^4 - 1 = 0,$$

d'où

$$(1^a) \quad s = \sqrt[4]{1 - z^4}.$$

On remarque tout d'abord que les variables s et z entrent d'une manière symétrique dans l'équation (1). Les relations entre s et z seront donc parfaitement connues lorsqu'on aura étudié s en fonction de z .

Si, en premier lieu, on attribue à s et z des valeurs réelles et que l'on rapporte ces variables à un système de coordonnées rectangulaires, en choisissant, par exemple, z comme abscisse et s comme ordonnée d'un point, l'équation (1) représente une courbe du 4^me degré, dépourvue de points doubles et qui, de ce fait, appartient au genre 3 (fig. 1, pl. VI). Cette courbe, évidemment symétrique par rapport aux deux axes, possède aux points $z=0, s=\pm 1; z=\pm 1, s=0$ des tangentes qui forment avec elle un contact de l'ordre 3. Ces droites ont quatre points infiniment voisins communs avec la courbe, et peuvent, par conséquent, être considérées comme des tangentes doubles dont les deux points de contact coïncident. Cette particularité, la seule qui mérite d'être signalée ici, se reconnaît aisément, si l'on développe s en série, ordonnée suivant les puissances croissantes de z , par exemple dans le voisinage du point $z=0, s=1$, ce qui donne

$$s - 1 = -\frac{1}{4} z^4 \dots$$

Mais si, d'une manière plus générale, on admet que z et s puissent prendre des valeurs aussi bien imaginaires que réelles, il faudra assigner aux points représentatifs de ces variables deux plans que l'on désignera par (z) et (s) . Lorsque z parcourt une courbe quelconque dans son plan, le point représentatif de s , à son tour, parcourra une courbe dans le plan (s) . D'après Gauss, on appelle volontiers cette dernière courbe l'*image* dont la première serait l'*original*. Le plan (z) se compose de quatre feuilles ou nappes superposées. Le plan (s) , on l'a déjà reconnu, se trouve exactement dans les mêmes conditions. Pour établir les rapports qui existent entre les plans (z) et (s) , il est utile d'étudier brièvement la représentation du plan (z) sur le plan (s) par l'intermédiaire de la fonction s . A cet effet, il suffit de considérer les courbes dans le plan (s) qui correspondent à un système de circonférences concentriques dans le plan (z) avec O comme centre commun.

Soit

$$(2) \quad \begin{cases} z = x + yi = re^{zi}, \\ s = \xi + \eta i = \varrho e^{\eta i}. \end{cases}$$

A l'aide de ces formules, l'équation (1^a) peut s'écrire

$$\varrho e^{\eta i} = \sqrt[4]{1 - r^4 e^{4zi}},$$

d'où l'on tire

$$\varrho^4 (\cos 4\psi + i \sin 4\psi) = 1 - r^4 (\cos 4\varphi + i \sin 4\varphi),$$

puis en séparant les parties réelles des parties imaginaires

$$\varrho^4 \cos 4\psi = 1 - r^4 \cos 4\varphi,$$

$$\varrho^4 \sin 4\psi = - r^4 \sin 4\varphi$$

et enfin

$$\left\{ \begin{array}{l} \varrho = \sqrt[8]{1 - 2r^4 \cos 4\varphi + r^8}, \\ \cos 4\psi = \frac{1 - r^4 \cos 4\varphi}{\varrho^4}, \\ \sin 4\psi = - \frac{r^4 \sin 4\varphi}{\varrho^4} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \xi = \varrho \cos \psi, \\ \eta = \varrho \sin \psi. \end{array} \right.$$

Afin d'obtenir, par exemple, l'image de la circonférence dont l'équation en coordonnées polaires est $r = a$, on donnera, dans ces formules, à r la valeur constante a , et on fera varier φ de 0 à 2π . (Voir les fig. 2 et 3, pl. VII. Pour les construire, on s'est servi des valeurs $r = \frac{3}{4}, \frac{1}{2}\sqrt[4]{15}, 1, \frac{1}{2}\sqrt[4]{17}, \sqrt[4]{2}, \frac{3}{2}$.)

A une valeur déterminée de z correspondent, en général, quatre valeurs différentes de s . Une fois pour toutes, on conviendra que selon la feuille dans laquelle se trouve le point représentatif de z , la fonction s prendra les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{llll} \text{Dans la 1}^{\text{re}} \text{ feuille} & s = \sqrt[4]{1 - z^4}, & s = +1 & \text{pour } z = 0, \\ \text{» } 2^{\text{e}} \text{ »} & s = i \sqrt[4]{1 - z^4}, & s = +i & \text{» } z = 0, \\ \text{» } 3^{\text{e}} \text{ »} & s = - \sqrt[4]{1 - z^4}, & s = -1 & \text{» } z = 0, \\ \text{» } 4^{\text{e}} \text{ »} & s = -i \sqrt[4]{1 - z^4}, & s = -i & \text{» } z = 0. \end{array}$$

Ces quatre valeurs se confondent pour $z = \pm 1, z = \pm i$. Il s'ensuit que ces quatre points sont des points de ramification pour la fonction s ; ils satisfont, en effet, seuls aux deux équations

$$F(s, z) = s^4 + z^4 - 1 = 0$$

$$\frac{\partial F}{\partial s} = 4s^3 = 0.$$

Chacun d'eux compte pour trois points de ramification simples, vu qu'en ces points, non-seulement deux, mais les quatre valeurs correspondantes de s coïncident. Ainsi, la fonction s possède douze points de ramification simples.

Pour transformer le plan (z) en une surface de Riemann, on peut appliquer les *lignes de passage* de différentes manières. Guidé par la représentation susmentionnée, on les conduira dans les quatre nappes, le long des axes coordonnés, de l'origine O jusqu'aux points $z = \pm 1$, $z = \pm i$, en reliant les quatre feuilles de la manière indiquée dans les fig. 4, 5 et 6, pl. VI. Les fig. 4 et 5 représentent des coupes à travers les quatre nappes, la première perpendiculaire à la ligne de passage $O + 1$, la dernière perpendiculaire à la ligne de passage $O + i$. L'œil de l'observateur se trouve au-dessus de la première feuille. Il va sans dire qu'on aurait pu ajouter encore deux figures analogues relatives aux lignes de passage $O - 1$ et $O - i$. Pour bien comprendre la fig. 6, on remarquera que les quatre circonférences devraient être superposées et se trouver chacune dans la nappe que lui assigne le chiffre inscrit dans la figure. Afin d'augmenter encore la clarté, on a mis en regard, le long des lignes de passage, dans les fig. 2 et 3, pl. VII, les chiffres qui indiquent le passage d'une feuille à l'autre. Ainsi, par exemple, le long de la ligne $O + 1$, le point z peut passer du bord positif de la première nappe au bord négatif de la quatrième, du bord positif de la deuxième nappe au bord négatif de la première, etc. Obéissant aux exigences de la représentation, la disposition des chiffres dans le plan (s) diffère de celle adoptée pour le plan (z).

Ceci posé, s pourra être considéré comme une fonction uniforme de z . On s'en convainc aisément à l'aide des fig. 2 et 3. En effet, si z parcourt le 1^{er} quadrant d'une circonférence de rayon < 1 , par exemple dans la 1^{re} feuille, en partant du bord négatif de l'axe $O + 1$, le point s décrit un ovale complet. Lorsque z , après avoir franchi la ligne de passage $O + i$, décrit ensuite le second quadrant dans la quatrième nappe, le point s parcourra une seconde fois le même ovale. A la circonférence entière correspond donc quatre fois le même ovale. Dans le cas où z serait parti de la seconde nappe, le point s aurait décrit un autre ovale identique au premier, mais tourné contre celui-ci d'un angle de $+90^\circ$. Et ainsi de suite.

Si le point z , tout en restant dans la première nappe, suit le bord positif de l'axe des X de 0 à $+1$, le point s longe le bord

positif de l'axe des Ξ de $+1$ à 0 ; mais au-delà du point $+1$, l'image de l'axe des X est la droite $\eta = \xi$ de $\xi = 0$ jusqu'à $\xi = +\infty$.

Pour une circonférence de rayon > 1 , les lignes de passage perdent leur influence. Par conséquent, à une telle circonférence correspond uniformément une courbe fermée dans le plan (s). La circonférence $r = 1$ constitue le cas limite, en ce sens que la courbe correspondante dans le plan (s) peut être considérée indifféremment comme une courbe fermée ou comme l'ensemble de quatre ovales allongés se rencontrant en O .

Incidemment, on reconnaît aussi que la fonction s sert d'intermédiaire à la *représentation conforme* de l'extérieur du cercle des unités sur l'extérieur de la courbe

$$\varrho^4 = 2 \cos 4\psi$$

ou

$$(\xi^2 + \eta^2)^4 = 2(\xi^4 - 6\xi^2\eta^2 + \eta^4).$$

En vertu des lois qui régissent la représentation conforme, les tangentes principales à cette courbe au point quadruple $\xi = 0$, $\eta = 0$, doivent former avec l'axe positif des Ξ des angles de $\pm 22\frac{1}{2}^\circ$ et $\pm 67\frac{1}{2}^\circ$.

Intégrales de première espèce.

La surface de Riemann, T , qui accompagne la fonction s , se compose, on l'a vu, de quatre nappes superposées. Sa connexion est de l'ordre 7, c'est-à-dire qu'elle peut, moyennant six coupures, être transformée en une surface T' à connexion simple. Dans l'intérieur de cette nouvelle surface T' , les intégrales de fonctions rationnelles de s et de z sont des fonctions uniformes de leurs limites supérieures. Le long des deux bords des coupures, elles prennent des valeurs dont la différence est en général finie, mais constante, et que l'on appelle les *modules de périodicité* de ces intégrales. Par là, ne sont pas exclues d'autres lignes à différence constante situées dans l'intérieur même de la surface. (Intégrales de 3^e espèce.)

On conviendra d'appeler positif le bord d'une coupure qui se trouve à gauche lorsqu'on la parcourt dans le sens positif, c'est-à-dire dans le sens des angles croissants. Ceci posé, on peut éta-

blir un *système normal de coupures* de la manière suivante : D'un point A de la surface, on mène une coupure qui ne partage pas la surface en plusieurs morceaux détachés et qui aboutit à un point de son propre parcours. Cette coupure peut être considérée comme une ligne fermée a_1 , reliée au point A par une autre ligne c_1 . D'un point du côté positif de a_1 , on trace ensuite une autre coupure b_1 qui vient rejoindre son point initial, mais sur le bord négatif de a_1 . De la même manière, toujours en partant du point A, on pourra mener encore deux autres couples de coupures. (Comp. W., p. 63.) Il va de soi, qu'à l'exception de $a_1 b_1$, $a_2 c_2$ qui se coupent en un point, jamais deux coupures ne doivent se croiser.

Dans le cas particulier qui fait l'objet de cette étude, une des manières possibles d'appliquer les coupures est celle indiquée dans la fig. 7, pl. VI, où les lignes noires pleines sont censées se trouver dans la première nappe, les lignes noires pointillées dans la deuxième, les lignes rouges dans la troisième, et enfin les lignes bleues dans la quatrième. Sans doute, la surface de Riemann T' , ainsi obtenue, n'est pas la plus simple; mais d'une part elle a l'avantage d'être basée sur la surface T , adoptée déjà précédemment pour l'étude de la fonction s ; d'autre part, il est à espérer que ce travail rendra d'autant plus de services au lecteur studieux que les intégrales à considérer exigeront plus de précautions.

Les intégrales de 1^{re} espèce restent finies et continues dans toute l'étendue de la surface T' , à l'exception des coupures dont les deux bords constituent la limite de la surface. Elles sont de la forme

$$w = \int \frac{\varphi(s, z)}{\frac{\partial F}{\partial s}} dz,$$

ou bien

$$w = - \int \frac{\varphi(s, z)}{\frac{\partial F}{\partial z}} ds \quad \left(\text{puisque } \frac{dz}{\frac{\partial F}{\partial s}} = - \frac{ds}{\frac{\partial F}{\partial z}} \right),$$

où $F = s^4 + z^4 - 1$ et $\varphi(s, z)$ signifie une fonction entière et rationnelle de s et de z qu'il s'agit de déterminer.

En admettant que $\int_{x_0}^x f(x) dx$ reste finie pour toutes les valeurs finies de x , on sait que $\int_{x_0}^{\infty} f(x) dx$ conserve aussi une valeur finie, si la fonction $f(x)$ pour $x = \infty$ tend vers zéro d'un ordre supérieur au premier. Or, dans l'intégrale

$$w = \int \frac{g dz}{4s^5}$$

la fonction $s = \sqrt[4]{1 - z^4}$ devient infinie du 1^{er} ordre et, partant, s^3 du 3^e ordre pour $z = \infty$. Il s'ensuit que la variable s (et pour des raisons analogues aussi la variable z) entre dans la fonction φ tout au plus au 1^{er} degré. Les points de ramification $z = \pm 1$, $z = \pm i$ ne produisent pas de discontinuité. On peut donc poser

$$\varphi = A + Bz + Cs.$$

En disposant des constantes A, B, C de sorte que φ s'annule en deux points arbitraires, on peut obtenir trois fonctions φ différentes entre lesquelles il n'existe pas d'équation linéaire et homogène. Par contre, il est aisé de démontrer qu'entre quatre de ces fonctions, il existe nécessairement une équation linéaire et homogène, à coefficients constants*.

Soient maintenant $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ les trois fonctions en question, satisfaisant à la condition de s'annuler

$$\varphi_1 \text{ pour } \begin{cases} s = \infty, & z = 0 \\ s = 0, & z = \infty \end{cases}, \text{ d'où } B = C = 0 \text{ et } \varphi_1 = A,$$

$$\varphi_2 \text{ pour } \begin{cases} s = 0, & z = 0 \\ s = 1, & z = 0 \end{cases}, \text{ d'où } A = C = 0 \text{ et } \varphi_2 = Bz,$$

$$\varphi_3 \text{ pour } \begin{cases} s = 0, & z = 0 \\ s = 0, & z = 1 \end{cases}, \text{ d'où } A = B = 0 \text{ et } \varphi_3 = Cs.$$

* La géométrie analytique offre l'analogie suivante : Si $g_1 = 0, g_2 = 0, g_3 = 0, g_4 = 0$ sont les équations de quatre droites dans un plan, il est toujours possible d'établir l'identité $k_1 g_1 + k_2 g_2 + k_3 g_3 + k_4 g_4 = 0$, à moins que trois des droites données ne fassent partie d'un faisceau.

Abstraction faite de facteurs constants, les trois fonctions φ prennent la forme

$$\varphi_1 = 1, \quad \varphi_2 = z, \quad \varphi_3 = s$$

et les trois intégrales de première espèce sont

$$w_1 = \int \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}, \quad w_2 = \int \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}, \quad w_3 = \int \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}$$

dont la dernière est elliptique. (Comp. W., p. 47, et Riemann, *Gesammelte math. Werke*, p. 459.)

Avant de procéder à la détermination des modules de périodicité, il est utile d'étudier quelques intégrales dont on aura souvent besoin. Il a déjà été dit que $\sqrt[4]{1-z^4}$ prend les facteurs $+1, i, -1, -i$ suivant que z se trouve dans la 1^{re}, 2^e, 3^e ou 4^e nappe de la surface T'. Par conséquent, dans ces mêmes

nappes, $\frac{1}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}$ sera affecté des facteurs $+1, i, -1, -i$,

tandis que $\frac{1}{\sqrt{1-z^4}}$ prendra les facteurs $1, -1, 1, -1$.

Dans la suite, la nappe dans laquelle la variable d'intégration se meut, sera indiquée par un chiffre romain placé au-dessous du signe $\int$, et le signe (+) ou (—), appliqué en guise d'exposant au haut de la fonction à intégrer, fera connaître le bord le long duquel l'intégrale devra être prise.

Soient maintenant, dans la 1^{re} nappe et prises le long du bord positif,

$$\int_I^1 dw_1^{(+)} = K_1, \quad \int_I^1 dw_2^{(+)} = K_2, \quad \int_I^1 dw_3^{(+)} = K_3;$$

conformément à la convention qui vient d'être rappelée, on aura alors évidemment

$$\int_{II}^1 dw_1^{(+)} = iK_1, \quad \int_{II}^1 dw_2^{(+)} = iK_2, \quad \int_{II}^1 dw_3^{(+)} = -K_3;$$

$$\int_{III}^1 dw_1^{(+)} = -K_1, \quad \int_{III}^1 dw_2^{(+)} = -K_2, \quad \int_{III}^1 dw_3^{(+)} = K_3;$$

$$\int_{IV}^1 dw_1^{(+)} = -iK_1, \quad \int_{IV}^1 dw_2^{(+)} = -iK_2, \quad \int_{IV}^1 dw_3^{(+)} = -K_3.$$

Dans ces intégrales, l'intervalle d'intégration s'étendait sur le bord positif de l'axe des X, de 0 à +1. Une rotation de +90° autour de l'origine 0 le transporte sur le bord positif de l'axe des Y, et la variable z a passé respectivement de la 1^{re} nappe à la 4^e, de la 2^e à la 1^{re}, de la 3^e à la 2^e, et de la 4^e à la 3^e. L'équivalent analytique de cette opération est la substitution $z = it$, où t prend toutes les valeurs réelles de 0 à +1. Il s'ensuit que

$$\int_{IV}^i dw_1^{(+)} = i \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt[4]{(1-t^4)^3}} = i \int_0^1 dw_1^{(+)} = iK_1,$$

et de même

$$\int_{IV}^i dw_2^{(+)} = -K_2, \quad \int_{IV}^i dw_3^{(+)} = iK_3;$$

$$\int_I^i dw_1^{(+)} = i \int_{II}^1 dw_1^{(+)} = -K_4, \quad \int_{II}^i dw_1^{(+)} = i \int_{III}^1 dw_1^{(+)} = -iK_4,$$

$$\int_{III}^i dw_1^{(+)} = i \int_{IV}^1 dw_1^{(+)} = +K_4, \text{ etc.}$$

Si l'on fait faire à l'intervalle 0 + 1 une rotation de +180°, son bord positif viendra se confondre entre 0 et -1 avec le bord positif de l'axe des X négatifs, et la variable z passera respectivement de la 1^{re} nappe à la 3^e, de la 2^e à la 4^e, de la 3^e à la 1^{re} et de la 4^e à la 2^e. A cette opération correspond la substitution $z = -t$, où t se meut de 0 à +1. On a, par conséquent,

$$\int_{III}^{-1} dw_1^{(+)} = - \int_0^1 \frac{dt}{\sqrt[4]{(1-t^4)^3}} = - \int_0^1 dw_1^{(+)} = -K_1,$$

$$\int_{III}^{-1} dw_2^{(+)} = K_2, \quad \int_{III}^{-1} dw_3^{(+)} = -K_3;$$

$$\int_V^{-1} dw_1^{(+)} = - \int_{II}^1 dw_1^{(+)} = -iK_4, \quad \int_I^{-1} dw_1^{(+)} = - \int_{III}^1 dw_1^{(+)} = K_4,$$

$$\int_{II}^{-1} dw_1^{(+)} = - \int_{IV}^1 dw_1^{(+)} = iK_4, \text{ etc.}$$

D'une manière analogue, on peut obtenir les intégrales prises sur le bord positif de 0 à $-i$. En ce qui concerne les intégrales relatives aux bords négatifs, il suffit de tenir compte de la connexion des nappes le long des lignes de passage. Ainsi, par exemple, le long de la ligne de passage $0 + 1$, le bord négatif de la 1^{re} nappe se rattache au bord positif de la 2^e. On en conclut que

$$\int_0^1 dw_1^{(-)} = \int_0^1 dw_1^{(+)} = iK_1;$$

de même

$$\int_{II}^1 dw_1^{(-)} = \int_{III}^1 dw_1^{(+)} = -K_1, \quad \int_{III}^1 dw_1^{(-)} = \int_{IV}^1 dw_1^{(+)} = -iK_1,$$

$$\int_{IV}^1 dw_1^{(-)} = \int_I^1 dw_1^{(+)} = K_1, \text{ etc.}$$

Au lieu d'employer le procédé indiqué pour la détermination de ces intégrales rectilignes, on pourrait se servir avantageusement de la représentation au moyen des fonctions w_1, w_2, w_3 . A cet effet, on remarquera les particularités suivantes : La fonction w_2 transforme les angles à l'origine en angles doubles. Autour des points singuliers $\pm 1, \pm i$ les angles de l'original sont réduits au quart par les fonctions w_1 et w_2 et à la moitié par la fonction w_3 . En tout autre point, les angles correspondants de l'original et de son image sont égaux.

Pour plus de facilité, les valeurs des intégrales rectilignes relatives aux intervalles de 0 à ± 1 et de 0 à $\pm i$ sont réunies dans le tableau suivant (voir p. 12).

Détermination des modules de périodicité.

Soient $A_v^{(h)}$ et $B_v^{(h)}$ les modules de périodicité de w_h relatifs aux coupures a_v et b_v , c'est-à-dire

$$A_v^{(h)} = w_h^{(+)} - w_h^{(-)} \text{ le long de la coupure } a_v \text{ et}$$

$$B_v^{(h)} = w_h^{(+)} - w_h^{(-)} \text{ le long de la coupure } b_v.$$

w_1

Nappe.	$\int_0^1$		$\int_0^i$		$\int_0^{-1}$		$\int_0^{-i}$	
	Bord pos.	Bord nég.	Bord pos.	Bord nég.	Bord pos.	Bord nég.	Bord pos.	Bord nég.
I	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$
II	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1
III	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1
IV	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$	$-iK_1$	K_1	iK_1	$-K_1$

 w_2

I	K_2	iK_2	$-iK_2$	K_2	$-K_2$	$-iK_2$	iK_2	$-K_2$
II	iK_2	$-K_2$	K_2	iK_2	$-iK_2$	K_2	$-K_2$	$-iK_2$
III	$-K_2$	$-iK_2$	iK_2	$-K_2$	K_2	iK_2	$-iK_2$	K_2
IV	$-iK_2$	K_2	$-K_2$	$-iK_2$	iK_2	$-K_2$	K_2	iK_2

 w_3

I	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$
II	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3
III	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$
IV	$-K_3$	K_3	iK_3	$-iK_3$	K_3	$-K_3$	$-iK_3$	iK_3

La fig. 7, pl. VI, permet de reconnaître immédiatement que l'on a

$$A_v^{(h)} = \int_{(-b)} dw_h \quad \text{et} \quad B_v^{(h)} = \int_{(+a)} dw_h.$$

En d'autres termes, $A_v^{(h)}$ est égal à la valeur que prend $\int dw_h$, lorsque z parcourt le circuit entier b , dans le sens négatif, et $B_v^{(h)}$ la valeur de w_h qui résulte d'un parcours positif du circuit fermé a . Pour faciliter le calcul de ces modules, on a, dans les fig. 8^a ... 8^f, pl. VIII, dessiné isolément les six coupures $a, b, ,$ en modifiant leur forme de façon qu'elles suivent, d'aussi près que

possible, les axes coordonnés, déformation permise en vertu d'un théorème bien connu de Cauchy. Il vient ainsi successivement

$$\begin{aligned} A_1^{(1)} = \int_{(-b_1)} dw_1 &= \int_0^i dw_1^{(-)} + \int_i^0 dw_1^{(+)} + \int_0^{-i} dw_1^{(-)} + \\ &+ \int_{-i}^0 dw_1^{(+)} = 2(1-i)K_1 \quad (\text{Fig. } 8^a.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2^{(1)} = \int_{(-b_2)} dw_1 &= \int_0^i dw_1^{(+)} + \int_i^0 dw_1^{(+)} + \int_0^1 dw_1^{(-)} + \\ &+ \int_1^0 dw_1^{(-)} = -2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^b.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_3^{(1)} = \int_{(-b_3)} dw_1 &= \int_0^i dw_1^{(-)} + \int_i^0 dw_1^{(+)} + \int_0^{-i} dw_1^{(-)} + \\ &+ \int_{-i}^0 dw_1^{(+)} + \int_0^{-1} dw_1^{(-)} + \int_{-1}^0 dw_1^{(+)} = 2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^c.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_1^{(1)} = \int_{(+a_1)} dw_1 &= \int_0^1 dw_1^{(+)} + \int_1^0 dw_1^{(-)} + \int_0^{-1} dw_1^{(+)} + \\ &+ \int_{-1}^0 dw_1^{(-)} = 4K_1 \quad (\text{Fig. } 8^d.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_2^{(1)} = \int_{(+a_2)} dw_1 &= \int_0^i dw_1^{(-)} + \int_i^0 dw_1^{(-)} + \int_0^{-1} dw_1^{(+)} + \\ &+ \int_{-1}^0 dw_1^{(+)} = -2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^e.) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_3^{(1)} = \int_{(+a_3)} dw_1 &= \int_0^1 dw_1^{(+)} + \int_1^0 dw_1^{(-)} + \int_0^i dw_1^{(+)} + \\ &+ \int_i^0 dw_1^{(-)} + \int_0^{-i} dw_1^{(+)} + \int_{-i}^0 dw_1^{(-)} = -2K_1 \quad (\text{Fig. } 8^f.) \end{aligned}$$

Pour obtenir les douze modules relatifs aux intégrales w_2 et w_3 , il suffit de remplacer dans les formules précédentes w_1 tour à tour par w_2 et w_3 . Le tableau p. 12 fournit ensuite les valeurs désirées.

Résumé des modules de périodicité.

$$\begin{array}{l|l} & w_1 \\ \hline A_1^{(1)} = 2(1-i)K_1 & B_1^{(1)} = 4K_1 \\ A_2^{(1)} = -2K_1 & B_2^{(1)} = -2K_1 \\ A_3^{(1)} = 2K_1 & B_3^{(1)} = -2K_1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} & w_2 \\ \hline A_1^{(2)} = 0 & B_1^{(2)} = 0 \\ A_2^{(2)} = -2(1+i)K_2 & B_2^{(2)} = 2(1-i)K_2 \\ A_3^{(2)} = 2(1-i)K_2 & B_3^{(2)} = 2(1+i)K_2 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} & w_3 \\ \hline A_1^{(3)} = 4iK_3 & B_1^{(3)} = 0 \\ A_2^{(3)} = -2(1-i)K_3 & B_2^{(3)} = -2(1+i)K_3 \\ A_3^{(3)} = 2(1+i)K_3 & B_3^{(3)} = -2(1-i)K_3 \end{array}$$

Si l'on pose

$$A_h^{(k)} = \alpha_h^{(k)} + i\beta_h^{(k)}, \quad B_h^{(k)} = \gamma_h^{(k)} + i\delta_h^{(k)},$$

on sait que pour chacune des trois intégrales on doit avoir

$$\sum_1^3 (\beta_h \gamma_h - \alpha_h \delta_h) < 0. \quad \text{Or, dans le cas actuel,}$$

$$\begin{array}{l|l|l|l} \alpha_1^{(1)} = 2K_1 & \beta_1^{(1)} = -2K_1 & \gamma_1^{(1)} = 4K_1 & \delta_1^{(1)} = 0 \\ \alpha_2^{(1)} = -2K_1 & \beta_2^{(1)} = 0 & \gamma_2^{(1)} = -2K_1 & \delta_2^{(1)} = 0 \\ \alpha_3^{(1)} = 2K_1 & \beta_3^{(1)} = 0 & \gamma_3^{(1)} = -2K_1 & \delta_3^{(1)} = 0 \end{array}$$

d'où il suit

$$\Sigma(\beta\gamma - \alpha\delta) = -8K_1^2.$$

Pour w_2 et w_3 on obtient par un calcul analogue

$$\Sigma(\beta\gamma - \alpha\delta) = -16K_2^2, \quad \Sigma(\beta\gamma - \alpha\delta) = -16K_3^2.$$

D'après Riemann, le déterminant

$$\begin{vmatrix} A_1^{(1)}, & A_1^{(2)}, & A_1^{(3)} \\ A_2^{(1)}, & A_2^{(2)}, & A_2^{(3)} \\ A_3^{(1)}, & A_3^{(2)}, & A_3^{(3)}, \end{vmatrix}$$

doit être différent de zéro. Cette condition essentielle est encore remplie, attendu que

$$\begin{vmatrix} 2(1-i)K_1, & 0, & 4iK_3 \\ -2K_1, & -2(1+i)K_2, & -2(1-i)K_3 \\ 2K_1, & 2(1-i)K_2, & 2(1+i)K_3 \end{vmatrix} = -32(2+i)K_1K_2K_3$$

Intégrales normales de première espèce.

Les intégrales de première espèce u_1, u_2, u_3 sont dites *normales* quand elles possèdent les modules de périodicité suivants :

Le long des coupures			a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
modules de périodicité de u_1 :			πi	0	0	a_{11}	a_{12}	a_{13}
»	»	u_2 :	0	πi	0	a_{21}	a_{22}	a_{23}
»	»	u_3 :	0	0	πi	a_{31}	a_{32}	a_{33}

Pour les former, il suffit de poser

$$\begin{cases} u_1 = \alpha_1^{(1)} w_1 + \alpha_2^{(1)} w_2 + \alpha_3^{(1)} w_3, \\ u_2 = \alpha_1^{(2)} w_1 + \alpha_2^{(2)} w_2 + \alpha_3^{(2)} w_3, \\ u_3 = \alpha_1^{(3)} w_1 + \alpha_2^{(3)} w_2 + \alpha_3^{(3)} w_3, \end{cases}$$

et de déterminer les 9 constantes $\alpha_k^{(i)}$ à l'aide des conditions

$$\begin{array}{l|l} u_1. & \\ \hline \text{Coupure } a_1 & \alpha_1^{(1)} A_1^{(1)} + \alpha_2^{(1)} A_1^{(2)} + \alpha_3^{(1)} A_1^{(3)} = \pi i \\ \text{» } a_2 & \alpha_1^{(1)} A_2^{(1)} + \alpha_2^{(1)} A_2^{(2)} + \alpha_3^{(1)} A_2^{(3)} = 0 \\ \text{» } a_3 & \alpha_1^{(1)} A_3^{(1)} + \alpha_2^{(1)} A_3^{(2)} + \alpha_3^{(1)} A_3^{(3)} = 0 \end{array}$$

$u_2.$

$$\begin{array}{l|l} \text{Coupure } a_1 & \alpha_1^{(2)} A_1^{(1)} + \alpha_2^{(2)} A_1^{(2)} + \alpha_3^{(2)} A_1^{(3)} = 0 \\ \text{» } a_2 & \alpha_1^{(2)} A_2^{(1)} + \alpha_2^{(2)} A_2^{(2)} + \alpha_3^{(2)} A_2^{(3)} = \pi i \\ \text{» } a_3 & \alpha_1^{(2)} A_3^{(1)} + \alpha_2^{(2)} A_3^{(2)} + \alpha_3^{(2)} A_3^{(3)} = 0 \end{array}$$

 $u_3.$

$$\begin{array}{l|l} \text{Coupure } a_1 & \alpha_1^{(3)} A_1^{(1)} + \alpha_2^{(3)} A_1^{(2)} + \alpha_3^{(3)} A_1^{(3)} = 0 \\ \text{» } a_2 & \alpha_1^{(3)} A_2^{(1)} + \alpha_2^{(3)} A_2^{(2)} + \alpha_3^{(3)} A_2^{(3)} = 0 \\ \text{» } a_3 & \alpha_1^{(3)} A_3^{(1)} + \alpha_2^{(3)} A_3^{(2)} + \alpha_3^{(3)} A_3^{(3)} = \pi i \end{array}$$

ce qui est possible, vu que le déterminant

$$D = \Sigma \pm A_1^{(1)} A_2^{(2)} A_3^{(3)} < 0.$$

De ces équations on tire successivement

$$\begin{aligned} \alpha_1^{(1)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_2^{(2)} A_2^{(3)}}{A_3^{(2)} A_3^{(3)}} \right| = -\frac{2\pi(2-i)}{20K_1}, \\ \alpha_2^{(1)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_2^{(1)} A_2^{(3)}}{A_3^{(1)} A_3^{(3)}} \right| = \frac{\pi(2-i)}{20K_2}, \\ \alpha_3^{(1)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_2^{(1)} A_2^{(2)}}{A_3^{(1)} A_3^{(2)}} \right| = \frac{\pi(2-i)}{20K_3}; \\ \alpha_1^{(2)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_1^{(2)} A_1^{(3)}}{A_3^{(2)} A_3^{(3)}} \right| = \frac{\pi(1-3i)}{20K_1}, \\ \alpha_2^{(2)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_1^{(1)} A_1^{(3)}}{A_3^{(1)} A_3^{(3)}} \right| = -\pi i \frac{1-3i}{20K_2}, \\ \alpha_3^{(2)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_1^{(1)} A_1^{(2)}}{A_3^{(1)} A_3^{(2)}} \right| = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{(1+i)(1-3i)}{20K_3}; \\ \alpha_1^{(3)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_1^{(2)} A_1^{(3)}}{A_2^{(2)} A_2^{(3)}} \right| = \frac{\pi(3+i)}{20K_1}, \\ \alpha_2^{(3)} &= -\frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_1^{(1)} A_1^{(3)}}{A_2^{(1)} A_2^{(3)}} \right| = -\pi \frac{(1-i)(3+i)}{20K_2}, \\ \alpha_3^{(3)} &= \frac{\pi i}{D} \left| \frac{A_1^{(1)} A_1^{(2)}}{A_2^{(1)} A_2^{(2)}} \right| = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{(1+i)(3+i)}{20K_3}. \end{aligned}$$

Par conséquent les intégrales normales sont maintenant

$$\left\{ \begin{aligned} u_1 &= \frac{\pi(2-i)}{20} \left[-2 \frac{w_1}{K_1} + \frac{w_2}{K_2} + \frac{w_5}{K_5} \right] \\ u_2 &= \frac{\pi(1-3i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_1} - i \frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{w_5}{K_5} \right] \\ u_3 &= \frac{\pi(3+i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_1} - (1-i) \frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{w_5}{K_5} \right] \end{aligned} \right.$$

Les modules a_{ik} .

Leur valeur est donnée par les équations

$$\left\{ \begin{aligned} a_{1h} &= \frac{\pi(2-i)}{20} \left[-2 \frac{B_h^{(1)}}{K_1} + \frac{B_h^{(2)}}{K_2} + \frac{B_h^{(3)}}{K_5} \right], \\ a_{2h} &= \frac{\pi(1-3i)}{20} \left[\frac{B_h^{(1)}}{K_1} - i \frac{B_h^{(2)}}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{B_h^{(3)}}{K_5} \right], \\ a_{3h} &= \frac{\pi(3+i)}{20} \left[\frac{B_h^{(1)}}{K_1} - (1-i) \frac{B_h^{(2)}}{K_2} + \frac{1+i}{2} \frac{B_h^{(3)}}{K_5} \right], \quad h=1,2,3. \end{aligned} \right.$$

En effectuant ces calculs on trouve

$$\begin{aligned} a_{11} &= -\frac{2}{5}\pi(2-i), & a_{12} &= -\frac{1}{5}\pi i(3+i), & a_{15} &= \frac{1}{5}\pi(3+i), \\ a_{21} &= -\frac{1}{5}\pi i(3+i), & a_{22} &= -\frac{2}{5}\pi(2-i), & a_{25} &= -\frac{1}{5}\pi(2-i), \\ a_{31} &= \frac{1}{5}\pi(3+i), & a_{32} &= -\frac{1}{5}\pi(2-i), & a_{35} &= -\frac{2}{5}\pi(3+i). \end{aligned}$$

D'une part on constate que $a_{ik} = a_{ki}$, comme cela doit être d'après un théorème démontré par Riemann. D'autre part, pour que les fonctions $\mathcal{F}$ qu'on peut former avec ces modules, existent, il est nécessaire que la forme quadratique $\sum_{i=1,2,3} \sum_{k=1,2,3} \alpha_i \alpha_k a'_{ik}$,

où α_i , α_k parcourent tous les nombres entiers de $-\infty$ à $+\infty$ et a'_{ik} signifie la partie réelle du module a_{ik} , puisse être décomposée en une somme de trois carrés négatifs. A cet effet il suffit que l'on ait

$$a'_{11} < 0, \quad \delta = \begin{vmatrix} a'_{11} & a'_{12} \\ a'_{21} & a'_{22} \end{vmatrix} > 0, \quad \mathcal{A} = \begin{vmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{vmatrix} < 0.$$

Or, les valeurs ci-dessus donnent effectivement

$$a'_{11} = -\frac{4}{5}\pi, \quad \delta = +\frac{3}{5}\pi^2, \quad \mathcal{A} = -\frac{2}{5}\pi^5.$$

D'ailleurs on voit aisément qu'on peut écrire directement

$$\sum_i \sum_k \alpha_i \alpha_k a'_{ik} = -\pi \left[\frac{4}{5}(\alpha_1 - \frac{1}{4}\alpha_2 - \frac{3}{4}\alpha_3)^2 + \frac{3}{4}(\alpha_2 + \frac{1}{3}\alpha_3)^2 + \frac{2}{3}\alpha_3^2 \right].$$

Calcul direct des tangentes doubles à la courbe $s^4 + z^4 - 1 = 0$.

Chaque fonction φ devient infiniment petite du premier ordre en quatre points de la surface T' . Il y en a 28 dont les zéros se confondent deux à deux. Les racines carrées de celles-ci ont été appelées par Riemann *fonctions abéliennes*. Ces 28 fonctions φ , égalées à zéro et interprétées géométriquement, représentent évidemment les tangentes doubles à la courbe $s^4 + z^4 - 1 = 0$. Il est du plus haut intérêt pour la suite de les connaître. Le procédé suivant va les fournir avec la plus grande facilité.

En exprimant s et z en fonction d'une troisième variable t à l'aide des formules

$$z = \sqrt{\cos t}, \quad s = \sqrt{\sin t},$$

l'équation

$$(1) \quad s^4 + z^4 - 1 = 0$$

est satisfaite identiquement pour chaque valeur de t . Mais il est avantageux d'introduire des coordonnées tangentielles u , v , moyennant les formules de transformation connues

$$u = -\frac{ds}{zds - sdz}, \quad v = \frac{dz}{zds - sdz}.$$

Il vient

$$u = -(\cos t)^{\frac{3}{2}}, \quad v = -(\sin t)^{\frac{3}{2}}.$$

L'élimination de t entre ces deux équations conduit ensuite à l'équation en coordonnées tangentielles de la courbe (1), soit

$$v^{\frac{4}{3}} + u^{\frac{4}{3}} - 1 = 0$$

qui, rendue rationnelle, prend la forme

$$(u^4 + v^4 - 1)^3 + 27u^4v^4 = 0.$$

Or, les coordonnées u, v d'une tangente double satisfont simultanément aux trois équations

$$f = (u^4 + v^4 - 1)^3 + 27u^4v^4 = 0,$$

$$\frac{\partial f}{\partial u} = 12(u^4 + v^4 - 1)^2u^3 + 4 \cdot 27u^3v^4 = 0,$$

$$\frac{\partial f}{\partial v} = 12(u^4 + v^4 - 1)^2v^3 + 4 \cdot 27u^4v^3 = 0$$

ou en supprimant dans les deux dernières équations les facteurs $12u^3, 12v^3$

$$\alpha) \quad (u^4 + v^4 - 1)^3 + 27u^4v^4 = 0,$$

$$\beta) \quad (u^4 + v^4 - 1)^2 + 9v^4 = 0,$$

$$\gamma) \quad (u^4 + v^4 - 1)^2 + 9u^4 = 0.$$

Les facteurs supprimés correspondent aux huit couples de racines

$$u = 0, \quad v = \sqrt[4]{1} = 1, -1, i, -i,$$

$$v = 0, \quad u = \sqrt[4]{1} = 1, -1, i, -i.$$

Par la comparaison des équations $\beta)$ et $\gamma)$ on trouve la relation $v^4 = u^4$ qui, introduite dans $\alpha)$ et $\beta)$, donne

$$(2u^4 - 1)^3 = -27u^8,$$

$$(2u^4 - 1)^2 = -9u^4,$$

d'où par division

$$2u^4 - 1 = 3u^4$$

ou encore

$$u^4 = -1.$$

Ainsi u peut aussi prendre les valeurs

$$u = e^{\frac{1}{4}\pi i}, \quad u = e^{-\frac{1}{4}\pi i}, \quad u = -e^{\frac{1}{4}\pi i}, \quad u = -e^{-\frac{1}{4}\pi i}.$$

En combinant chacune d'elles avec les quatre valeurs correspondantes de v , on obtient 16 autres couples de racines.

Pour déterminer enfin les quatre derniers couples il suffit de diviser α) par v^{12} , β) et γ) par v^8 :

$$\left[\left(\frac{u}{v}\right)^4 + 1 - \frac{1}{v^4}\right]^5 + \frac{27}{v^4}\left(\frac{u}{v}\right)^4 = 0,$$

$$\left[\left(\frac{u}{v}\right)^4 + 1 - \frac{1}{v^4}\right]^2 + \frac{9}{v^4} = 0,$$

$$\left[\left(\frac{u}{v}\right)^4 + 1 - \frac{1}{v^4}\right]^2 + \frac{9}{v^4}\left(\frac{u}{v}\right)^4 = 0$$

et l'on voit immédiatement que ces équations admettent les racines

$$v = \infty, \quad \frac{u}{v} = \pm \sqrt{\pm i}.$$

Si l'on pose pour abrégier l'écriture

$$\sqrt{i} = \frac{1+i}{\sqrt{2}} = \varepsilon, \quad \sqrt{-i} = \frac{1-i}{\sqrt{2}} = \varepsilon',$$

de sorte que

$$\varepsilon\varepsilon' = 1, \quad \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} = -i, \quad \frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = i, \quad \frac{1}{\varepsilon'} = \varepsilon, \quad \frac{1}{\varepsilon} = \varepsilon', \quad \varepsilon^2 = i, \quad \varepsilon'^2 = -i$$

on a maintenant les 28 couples de racines suivants

$$\begin{array}{l} u \left| \begin{array}{cccc} 0, & 0, 0, & 0 \end{array} \right| \begin{array}{cccc} 1, & -1, i, & -i \end{array} \left| \begin{array}{cccc} \varepsilon, & \varepsilon, \varepsilon, & \varepsilon \end{array} \right| \begin{array}{cccc} -\varepsilon, & -\varepsilon, & -\varepsilon, & -\varepsilon \end{array} \\ v \left| \begin{array}{cccc} 1, & -1, i, & -i \end{array} \right| \begin{array}{cccc} 0, & 0, 0, & 0 \end{array} \left| \begin{array}{cccc} \varepsilon, & -\varepsilon, \varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \right| \begin{array}{cccc} \varepsilon, & -\varepsilon, & \varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \\ \left| \begin{array}{cccc} \varepsilon', & \varepsilon', \varepsilon', & \varepsilon' \end{array} \right| \begin{array}{cccc} -\varepsilon', & -\varepsilon', & -\varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \\ \left| \begin{array}{cccc} \varepsilon, & -\varepsilon, \varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \right| \begin{array}{cccc} \varepsilon, & -\varepsilon, & \varepsilon', & -\varepsilon' \end{array} \\ v = \infty \left| \begin{array}{cccc} \frac{u}{v} = \varepsilon, & \frac{u}{v} = -\varepsilon, & \frac{u}{v} = \varepsilon', & \frac{u}{v} = -\varepsilon' \end{array} \right| \end{array}$$

En les substituant à tour de rôle dans l'équation

$$uz + vs + 1 = 0,$$

modifiée pour plus d'uniformité en

$$s + \frac{u}{v}z + \frac{1}{v} = 0,$$

on a finalement pour les 28 tangentes doubles à la courbe (1) les équations en coordonnées ponctuelles

$$\begin{array}{cccc}
 s+1=0 & z+1=0 & s+z+\varepsilon'=0 & s-z+\varepsilon'=0 \\
 s-1=0 & z-1=0 & s-z-\varepsilon'=0 & s+z-\varepsilon'=0 \\
 s-i=0 & z-i=0 & s+iz+\varepsilon=0 & s-iz+\varepsilon=0 \\
 s+i=0 & z+i=0 & s-iz-\varepsilon=0 & s+iz-\varepsilon=0 \\
 \\
 s-iz+\varepsilon'=0 & s+iz+\varepsilon'=0 & s+\varepsilon z=0 & \\
 s+iz-\varepsilon'=0 & s-iz-\varepsilon'=0 & s-\varepsilon z=0 & \\
 s+z+\varepsilon=0 & s-z+\varepsilon=0 & s+\varepsilon'z=0 & \\
 s-z-\varepsilon=0 & s+z-\varepsilon=0 & s-\varepsilon'z=0 &
 \end{array}$$

Points de contact des tangentes doubles.

Dans la suite, on aura plus d'une fois besoin de connaître les points de contact des tangentes doubles, soit les zéros des fonctions abéliennes. Douze des 28 tangentes doubles dans l'exemple choisi présentent cette particularité que leurs deux points de contact se confondent, en sorte qu'elles forment un contact du 3^e ordre avec la courbe $s^4 + z^4 - 1 = 0$. Ce sont les suivantes :

Tangente.	Point de contact.	Nappe.
$s+1=0$	$z=0, \quad s=-1$	III
$s-1=0$	$z=0, \quad s=1$	I
$s-i=0$	$z=0, \quad s=i$	II
$s+i=0$	$z=0, \quad s=-i$	IV
$z+1=0$	$z=-1, \quad s=0$	D ^e toutes les 4.
$z-1=0$	$z=1, \quad s=0$	
$z-i=0$	$z=i, \quad s=0$	
$z+i=0$	$z=-i, \quad s=0$	
$s+\varepsilon z=0$	À l'infini d ^e la direction -135°	III
$s-\varepsilon z=0$	» » 45°	I
$s+\varepsilon' z=0$	» » $+135^\circ$	II
$s-\varepsilon' z=0$	» » -45°	IV

Seuls les quatre derniers cas demandent une petite explication. Soit à déterminer la nappe dans laquelle se trouve le point de contact par exemple de la tangente

$$s + \varepsilon z = 0.$$

D'après cette équation, si z parcourt l'axe réel de $+1$ à $+\infty$, s décrira la droite $\eta = \xi$ de $\xi = \eta = -\frac{1}{\sqrt{2}}$ à $\xi = \eta = -\infty$. Cette correspondance, on l'a déjà vu, n'a lieu que dans la 3^e nappe.

En ce qui concerne les 16 autres tangentes doubles, on peut procéder de la manière suivante. Soit, par exemple, à déterminer les points de contact de la tangente

$$s + z + \varepsilon' = 0.$$

De cette équation on tire

$$s = -(z + \varepsilon').$$

Cette valeur de s introduite dans l'équation $s^4 + z^4 - 1 = 0$, il vient

$$(z + \varepsilon')^4 + z^4 - 1 = 0$$

ou bien, en développant et en supprimant le facteur 2,

$$z^4 + 2\varepsilon'z^5 - 3iz^2 - 2\varepsilon z - 1 = 0.$$

Or, si l'on désigne par z_1 et z_2 les racines doubles de cette équation, on doit avoir identiquement

$$\begin{aligned} z^4 + 2\varepsilon'z^5 - 3iz^2 - 2\varepsilon z - 1 &= (z - z_1)^2(z - z_2)^2 = \\ &= z^4 - 2(z_1 + z_2)z^3 + (z_1^2 + 4z_1z_2 + z_2^2)z^2 - 2z_1z_2(z_1 + z_2)z + z_1^2z_2^2. \end{aligned}$$

La comparaison des coefficients qu'affectent de part et d'autre les mêmes puissances de z , fournit ensuite les égalités

$$\begin{aligned} \alpha) \quad & z_1 + z_2 = -\varepsilon', \\ \beta) \quad & z_1^2 + 4z_1z_2 + z_2^2 = -3i, \\ \gamma) \quad & z_1z_2(z_1 + z_2) = \varepsilon, \\ \delta) \quad & z_1^2z_2^2 = -1, \end{aligned}$$

dont on tire, en divisant $\gamma)$ par $\alpha)$

$$z_1z_2 = -\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = -i.$$

Connaissant maintenant la somme et le produit des quantités z_1 et z_2 , on obtient celles-ci en résolvant l'équation quadratique

$$z^2 + \varepsilon' z - i = 0$$

dont les racines sont

$$z_1 = \varepsilon' \frac{-1 + i\sqrt{3}}{2},$$

$$z_2 = \varepsilon' \frac{-1 - i\sqrt{3}}{2}.$$

Mais

$$\frac{-1 + i\sqrt{3}}{2} = -e^{-\frac{4}{3}\pi i} = e^{\frac{2}{3}\pi i},$$

$$\frac{-1 - i\sqrt{3}}{2} = -e^{\frac{4}{3}\pi i} = e^{-\frac{2}{3}\pi i} \quad \text{et} \quad \varepsilon' = e^{-\frac{1}{4}\pi i};$$

on peut donc donner à z_1 et z_2 la forme

$$z_1 = e^{-\frac{1}{4}\pi i} e^{\frac{2}{3}\pi i} = e^{\frac{5}{12}\pi i},$$

$$z_2 = e^{-\frac{1}{4}\pi i} e^{-\frac{2}{3}\pi i} = e^{-\frac{11}{12}\pi i}.$$

Ces valeurs vérifient les quatre équations $\alpha)$, $\beta)$, $\gamma)$, $\delta)$. Les valeurs correspondantes de s sont

$$\begin{aligned} s_1 &= -(z_1 + \varepsilon') = -(e^{\frac{5}{12}\pi i} + e^{-\frac{1}{4}\pi i}) = -(e^{\frac{5}{12}\pi i} + e^{-\frac{3}{12}\pi i}) = \\ &= -e^{\frac{4}{12}\pi i} (e^{\frac{4}{12}\pi i} + e^{-\frac{4}{12}\pi i}) = -e^{\frac{4}{12}\pi i} (e^{\frac{4}{3}\pi i} + e^{-\frac{4}{3}\pi i}) = \\ &= -e^{\frac{4}{12}\pi i} = e^{-\frac{11}{12}\pi i}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s_2 &= -(z_2 + \varepsilon') = -(e^{-\frac{11}{12}\pi i} + e^{-\frac{1}{4}\pi i}) = \\ &= -e^{-\frac{7}{12}\pi i} (e^{-\frac{4}{3}\pi i} + e^{\frac{4}{3}\pi i}) = -e^{-\frac{7}{12}\pi i} = e^{\frac{5}{12}\pi i}. \end{aligned}$$

Ainsi les points de contact de la tangente considérée sont donnés par

$$z_1 = e^{\frac{5}{12}\pi i}, \quad s_1 = e^{-\frac{11}{12}\pi i},$$

$$z_2 = e^{-\frac{11}{12}\pi i}, \quad s_2 = e^{\frac{5}{12}\pi i},$$

Reste à savoir dans quelles nappes de la surface T' ces points se trouvent. A cet effet, on remarque aisément, à l'aide des fig. 2 et 3, que si $z_1 = e^{\frac{5}{12}\pi i}$ était pris dans la 1^{re} nappe, la valeur correspondante de s serait $s = e^{\frac{7}{12}\pi i}$. Or,

$$s_1 = is = e^{\frac{6}{12}\pi i} e^{\frac{7}{12}\pi i} = e^{\frac{13}{12}\pi i} = e^{-\frac{11}{12}\pi i}.$$

Il s'ensuit que le point z_1 est situé dans la 2^e nappe. D'une manière analogue, on reconnaît que le point z_2 se trouve dans la 3^e nappe.

Plus loin, lorsque cette étude sera un peu plus avancée, tout ce qui concerne les 28 fonctions abéliennes sera réuni dans un tableau. Incidemment, on peut constater dès à présent que leurs 56 zéros se répartissent également sur les quatre nappes de la surface T' .

Fonctions abéliennes correspondant à un système complet de caractéristiques impaires.

La théorie des caractéristiques, traitée complètement dans l'ouvrage de M. Weber (p. 17 à 33), est supposée connue. A chaque tangente double on peut adjoindre une des 28 caractéristiques impaires. Une caractéristique paire quelconque (p) est accompagnée de 8 systèmes complets de 7 caractéristiques impaires. Les tangentes doubles répondant à un tel système se distinguent par la propriété que jamais les six points de contact de trois d'entre elles ne sont situés sur une conique. Dans la théorie générale, on a la facilité d'attribuer à ces tangentes un système complet quelconque de caractéristiques impaires. Il n'en est plus de même lorsque l'équation de la courbe du 4^e degré et ses 28 tangentes doubles sont connues et que l'on a fait choix de la surface T' . Dans ce cas, la difficulté essentielle consiste précisément à trouver 7 tangentes doubles et leurs caractéristiques satisfaisant à la condition indiquée. Ce problème résolu,

les caractéristiques des 21 autres tangentes doubles sont données par la théorie générale. Voici de quelle manière on peut arriver à la solution désirée. (Comp. Riemann, p. 460 et suiv.)

D'après Riemann et Weber (p. 82), il est possible de mettre l'équation de la courbe du 4^e degré sous la forme

$$f^2 - x_1 \xi_1 x_2 \xi_2 = 0,$$

$f=0$ désignant l'équation d'une conique, et $x_1=0$, $\xi_1=0$, $x_2=0$, $\xi_2=0$, exprimées en fonction des coordonnées z et s , celles de quatre tangentes doubles à la courbe proposée, telles que leurs points de contact se trouvent sur la conique $f=0$. Or,

$$s-1=0, \quad s+1=0, \quad z-1=0, \quad z+1=0$$

représentent évidemment quatre tangentes doubles dont les points de contact sont situés sur la circonférence

$$s^2 + z^2 - 1 = 0.$$

Par conséquent, l'équation $s^4 + z^4 - 1 = 0$ peut prendre la forme

$$(s^2 + z^2 - 1)^2 - 2(s^2 - 1)(z^2 - 1) = 0.$$

Il existe six couples de tangentes doubles pour lesquels la somme des caractéristiques est la même et qui, de ce fait, constituent un groupe. Si l'on considère, par exemple,

$$s-1=0, \quad s+1=0; \quad z-1=0, \quad z+1=0$$

comme deux couples d'un groupe, il est intéressant de chercher les quatre autres couples du même groupe. A cet effet, il est aisé de voir que l'équation

$$\alpha^2 (s^2 - 1) + \alpha (s^2 + z^2 - 1) + \frac{1}{2} (z^2 - 1) = 0,$$

où α signifie un paramètre variable, représente une conique qui touche la courbe du 4^e degré en quatre points. Toutes les fois que cette conique dégénère en deux droites, on obtient un couple de tangentes doubles appartenant au même groupe, vu que leurs points de contact, de même que ceux du couple $s+1=0$, $s-1=0$ satisfont à l'équation

$$2\alpha (s^2 - 1) + (s^2 + z^2 - 1) = 0.$$

La condition bien connue qui entraîne la dégénération de la conique

$$a_{11}z^2 + 2a_{12}zs + a_{22}s^2 + 2a_{13}z + 2a_{23}s + a_{33} = \\ = \left(\alpha + \frac{1}{2}\right)z^2 + \alpha(\alpha + 1)s^2 + \left(-\alpha^2 - \alpha - \frac{1}{2}\right) = 0$$

fournit la relation

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \alpha + \frac{1}{2}, & 0, & 0 \\ 0, & \alpha(\alpha + 1), & 0 \\ 0, & 0, & -\left(\alpha^2 + \alpha + \frac{1}{2}\right) \end{vmatrix} = \\ = -\left(\alpha + \frac{1}{2}\right)\alpha(\alpha + 1)\left(\alpha + \frac{1-i}{2}\right)\left(\alpha + \frac{1+i}{2}\right) = 0$$

que l'on peut considérer comme une équation du 6^e degré en α dont une racine est $=\infty$. A ses six racines répondent les couples suivants :

α	Couples.	
∞	$s - 1 = 0$	$s + 1 = 0$
0	$z - 1 = 0$	$z + 1 = 0$
-1	$z - i = 0$	$z + i = 0$
$-\frac{1}{2}$	$s - i = 0$	$s + i = 0$
$-\frac{1+i}{2}$	$s - \varepsilon z = 0$	$s + \varepsilon z = 0$
$-\frac{1+i}{2}$	$s - \varepsilon' z = 0$	$s + \varepsilon' z = 0$

Ceci posé, on introduit un système de coordonnées homogènes, en choisissant pour x_1, x_2, x_3 trois tangentes doubles telles que leurs points de contact ne sont pas situés sur une conique. Les tangentes

$$x_1 = A(s-1), \quad x_2 = B(z+1), \quad x_3 = C(z-i)$$

remplissent cette condition, et les fonctions qui forment des couples avec les précédentes sont

$$\xi_1 = s + 1, \quad \xi_2 = z - 1, \quad \xi_3 = z + i.$$

Les constantes A, B, C doivent être déterminées de telle sorte que l'équation

$$\sqrt{x_1 \xi_1} + \sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_3 \xi_3} = 0,$$

exprimée en fonction de s et de z et rendue rationnelle, produise, à un facteur constant près, l'équation donnée $s^4 + z^4 - 1 = 0$. On trouve sans difficulté

$$A = 1, \quad B = \frac{1}{2}, \quad C = -\frac{1}{2}.$$

On posera donc provisoirement

$$\begin{cases} x_1 = s - 1, & x_2 = \frac{1}{2}(z + 1), & x_3 = -\frac{1}{2}(z - i), \\ \xi_1 = s + 1, & \xi_2 = z - 1, & \xi_3 = z + i. \end{cases}$$

Or, Riemann (l. c. p. 464) et Weber (p. 91) démontrent qu'entre les six fonctions $x_1, x_2, x_3, \xi_1, \xi_2, \xi_3$ il existe quatre équations linéaires et homogènes de la forme

$$(1) \quad \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 + \alpha' \xi_1 + \beta' \xi_2 + \gamma' \xi_3 = 0,$$

pourvu que les constantes $\alpha, \beta, \gamma, \alpha', \beta', \gamma'$ satisfassent aux conditions

$$\alpha\alpha' = \beta\beta' = \gamma\gamma'.$$

Une de ces équations est alors nécessairement une conséquence des trois autres. Les quatre expressions $\sqrt{\alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3}$ sont les fonctions abéliennes désirées, c'est-à-dire celles qui, jointes à $\sqrt{x_1}, \sqrt{x_2}, \sqrt{x_3}$ répondent à un système complet de caractéristiques impaires.

Pour les déterminer, on partira des trois équations faciles à vérifier

$$x_1 + 2(1 - i)x_2 + 2(1 - i)x_3 - \xi_1 = 0,$$

$$2ix_2 - 2(1 - i)x_3 - \xi_2 = 0,$$

$$2(1 + i)x_2 + 2ix_3 - \xi_3 = 0.$$

En les multipliant respectivement par l_1, l_2, l_3 et en ajoutant, il vient une nouvelle équation que l'on peut identifier avec (1) :

$$\begin{aligned} & l_1 x_1 + 2[l_1(1-i) + l_2 i + l_3(1+i)]x_2 + \\ & + 2[l_1(1-i) - l_2(1-i) + l_3 i]x_3 - l_4 \xi_1 - l_2 \xi_2 - l_3 \xi_3 = \\ & = \alpha x_1 + \beta x_2 + \gamma x_3 + \alpha' \xi_1 + \beta' \xi_2 + \gamma' \xi_3. \end{aligned}$$

On en tire

$$(2) \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha = l_1, \\ \beta = 2[l_1(1-i) + l_2 i + l_3(1+i)], \\ \gamma = 2[l_1(1-i) - l_2(1-i) + l_3 i], \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} \alpha' = -l_1, \\ \beta' = -l_2, \\ \gamma' = -l_3. \end{array} \right.$$

Les conditions $\alpha\alpha' = \beta\beta' = \gamma\gamma'$ donnent lieu aux équations

$$\begin{aligned} -l_1^2 &= -2l_2[l_1(1-i) + l_2 i + l_3(1+i)] = \\ &= -2l_3[l_1(1-i) - l_2(1-i) + l_3 i] \end{aligned}$$

qui, à leur tour, servent à déterminer les rapports $l_1 : l_2 : l_3$.

Soit, à cet effet,

$$l_2 = ml_1, \quad l_3 = nl_1.$$

Les équations précédentes, après la suppression du facteur commun $-l_1^2$ prennent maintenant la forme

$$(3) \quad m(1-i) + m^2 i + mn(1+i) = \frac{1}{2},$$

$$(4) \quad n(1-i) + n^2 i - mn(1-i) = \frac{1}{2}.$$

En les ajoutant il vient

$$(1-i)(m+n) + i(m^2 + n^2) + 2imn = 1,$$

ou bien

$$(m+n)^2 - (1+i)(m+n) + i = 0.$$

Il s'ensuit

$$\begin{aligned} m+n &= \frac{1+i}{2} \pm \sqrt{\frac{(1+i)^2}{4} - i} = \frac{1+i}{2} \pm \sqrt{-\frac{i}{2}} = \\ &= \frac{1+i}{2} \pm \frac{1-i}{2}, \end{aligned}$$

soit

$$a) \quad m + n = 1, \quad b) \quad m + n = i.$$

La substitution de $n = 1 - m$ dans l'équation (3) donne

$$m = 1 \pm \sqrt{\frac{1}{2}},$$

tandis que $n = i - m$ fournit

$$m = \pm \frac{i}{\sqrt{2}}.$$

On a ainsi les quatre couples de valeurs

$$\begin{cases} m_1 = 1 + \sqrt{\frac{1}{2}}, & m_2 = 1 - \sqrt{\frac{1}{2}}, & m_3 = \frac{i}{\sqrt{2}}, & m_4 = -\frac{i}{\sqrt{2}}, \\ n_1 = -\sqrt{\frac{1}{2}}, & n_2 = \sqrt{\frac{1}{2}}, & n_3 = i\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right), & n_4 = i\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right), \end{cases}$$

lesquelles, introduites dans les formules (2), conduisent aux systèmes suivants :

$$\begin{cases} \alpha_1 = l_1 \\ \beta_1 = 2l_1 \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \\ \gamma_1 = -\frac{2l_1}{\sqrt{2}} \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha'_1 = -l_1 \\ \beta'_1 = -\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) l_1 \\ \gamma'_1 = \frac{l_1}{\sqrt{2}} \end{cases} \quad \parallel \parallel$$

$$\begin{cases} \alpha_2 = l_1 \\ \beta_2 = 2l_1 \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \\ \gamma_2 = \frac{2l_1}{\sqrt{2}} \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha'_2 = -l_1 \\ \beta'_2 = -\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) l_1 \\ \gamma'_2 = -\frac{l_1}{\sqrt{2}} \end{cases} \quad \parallel \parallel$$

$$\begin{cases} \alpha_3 = l_1 \\ \beta_3 = -\frac{2il_1}{\sqrt{2}} \\ \gamma_3 = -2il_1 \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha'_3 = -l_1 \\ \beta'_3 = -\frac{i}{\sqrt{2}} l_1 \\ \gamma'_3 = -i \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) l_1 \end{cases} \quad \parallel \parallel$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha_4 = l_1 \\ \beta_4 = \frac{2il_1}{\sqrt{2}} \\ \gamma_4 = -2il_1 \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) \end{array} \right| \begin{array}{l} \alpha'_4 = -l_1 \\ \beta'_4 = \frac{il_1}{\sqrt{2}} \\ \gamma'_4 = -i \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) l_1 \end{array} \right\}$$

Les valeurs de $\alpha, \beta, \gamma, \alpha', \beta', \gamma'$ étant connues, on a maintenant aussi, en vertu de l'équation (1),

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_4 x_1 + \beta_4 x_2 + \gamma_4 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_4 \xi_1 + \beta'_4 \xi_2 + \gamma'_4 \xi_3}{l_1} = \\ &= x_1 + (2 - \sqrt{2})x_2 - \sqrt{2}x_3 = s - 1 + \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z+1) + \\ &\quad + \frac{1}{\sqrt{2}}(z-i) = s + z - \frac{1+i}{\sqrt{2}} = s + z - \varepsilon \end{aligned}$$

et de même

$$\begin{aligned} \frac{\alpha_2 x_1 + \beta_2 x_2 + \gamma_2 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_2 \xi_1 + \beta'_2 \xi_2 + \gamma'_2 \xi_3}{l_1} = s + z + \varepsilon, \\ \frac{\alpha_3 x_1 + \beta_3 x_2 + \gamma_3 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_3 \xi_1 + \beta'_3 \xi_2 + \gamma'_3 \xi_3}{l_1} = s + iz + \varepsilon', \\ \frac{\alpha_4 x_1 + \beta_4 x_2 + \gamma_4 x_3}{l_1} &= - \frac{\alpha'_4 \xi_1 + \beta'_4 \xi_2 + \gamma'_4 \xi_3}{l_1} = s + iz - \varepsilon'. \end{aligned}$$

Ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer, les fonctions

$$x_1, x_2, x_3$$

$$g^\circ = s + z - \varepsilon, g = s + z + \varepsilon, g' = s + iz + \varepsilon', g'' = s + iz - \varepsilon',$$

ou, pour mieux dire, leurs racines carrées forment un système complet. Pour amener l'identité

$$g^\circ = x_1 + x_2 + x_3 = -(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3)$$

il est nécessaire de munir les fonctions $x_1, x_2, x_3, \xi_1, \xi_2, \xi_3$ de certains facteurs constants; en d'autres termes, on remplacera

$$x_1, \quad x_2, \quad x_3, \quad \xi_1, \quad \xi_2, \quad \xi_3,$$

$$\text{par } x_1, \quad \frac{x_2}{2 - \sqrt{2}}, \quad -\frac{x_3}{\sqrt{2}}, \quad -\xi_1, \quad -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2} + 1} \xi_2, \quad \sqrt{2} \xi_3,$$

de sorte que dorénavant

$$\begin{cases} x_1 = s-1, & x_2 = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z+1), & x_3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(z-i), \\ \xi_1 = -(s+1), & \xi_2 = -\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z-1), & \xi_3 = \frac{1}{\sqrt{2}}(z+i). \end{cases}$$

Ces six expressions, dans leur nouvelle acception, satisfont également à l'équation

$$\sqrt{x_1 \xi_1} + \sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_3 \xi_3} = 0.$$

Cela posé, les équations (23) de M. Weber (p. 93) deviennent maintenant

$$\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + x_1 + x_2 + x_3 = 0.$$

$$\begin{aligned} \frac{\xi_1}{\alpha_1} + \frac{\xi_2}{\alpha_2} + \frac{\xi_3}{\alpha_3} + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 &= \xi_1 + (\sqrt{2}-1)^2 \xi_2 - \xi_3 + \\ &+ x_1 + (\sqrt{2}+1)^2 x_2 - x_3 = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\xi_1}{\alpha'_1} + \frac{\xi_2}{\alpha'_2} + \frac{\xi_3}{\alpha'_3} + \alpha'_1 x_1 + \alpha'_2 x_2 + \alpha'_3 x_3 &= \xi_1 + i(\sqrt{2}-1)\xi_2 - \\ &- i(\sqrt{2}-1)\xi_3 + x_1 - i(\sqrt{2}+1)x_2 + i(\sqrt{2}+1)x_3 = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\xi_1}{\alpha''_1} + \frac{\xi_2}{\alpha''_2} + \frac{\xi_3}{\alpha''_3} + \alpha''_1 x_1 + \alpha''_2 x_2 + \alpha''_3 x_3 &= \xi_1 - i(\sqrt{2}-1)\xi_2 - \\ &- i(\sqrt{2}+1)\xi_3 + x_1 + i(\sqrt{2}+1)x_2 + i(\sqrt{2}-1)x_3 = 0. \end{aligned}$$

On en conclut

$$\begin{cases} \alpha_1 = 1, & \alpha_2 = (\sqrt{2}+1)^2, & \alpha_3 = -1, \\ \alpha'_1 = 1, & \alpha'_2 = -i(\sqrt{2}+1), & \alpha'_3 = i(\sqrt{2}+1), \\ \alpha''_1 = 1, & \alpha''_2 = i(\sqrt{2}+1), & \alpha''_3 = i(\sqrt{2}-1). \end{cases}$$

Ces quantités ont été appelées par M. Weber *modules de classe* (p. 103). Les *modules dérivés* $\alpha''_1, \alpha''_2, \alpha''_3$ dépendent des α et α' et les formules (28), p. 95 de l'ouvrage de M. W., indiquent le moyen de les déterminer. Bien qu'il ne soit pas nécessaire de vérifier ces formules, l'esprit éprouve toujours une certaine satisfaction lorsqu'en appliquant une théorie générale à un cas parti-

culier il arrive à des résultats prévus. C'est à ce point de vue que les quelques lignes suivantes figurent dans le présent mémoire.

Ecrivant, pour abrégé,

$$\begin{vmatrix} 1, & 1, & 1 \\ \alpha_1, & \alpha_2, & \alpha_3 \\ \alpha'_1, & \alpha'_2, & \alpha'_3 \end{vmatrix} = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), \quad \begin{vmatrix} 1, & 1, & 1 \\ \alpha_1, & \frac{1}{\alpha_2}, & \frac{1}{\alpha_3} \\ \alpha'_1, & \frac{1}{\alpha'_2}, & \frac{1}{\alpha'_3} \end{vmatrix} = \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right), \text{ etc.}$$

on trouve successivement

$$\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) = \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) = -2\sqrt{2}(1+i)(\sqrt{2}+1),$$

$$\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) = \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) = -2\sqrt{2}(1+i)(\sqrt{2}-1),$$

$$\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = -2\sqrt{2}(1-i)(\sqrt{2}+1),$$

$$\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) = \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) = -2\sqrt{2}(1-i)(\sqrt{2}-1).$$

Ensuite

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2 \cdot \alpha_3 \alpha'_3 \alpha''_3 \cdot \alpha_5 \alpha'_5 \alpha''_5}{\alpha_5 \alpha'_5 \alpha''_5} = \\ & = (\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2)^2 = \frac{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right)}{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = \\ & = \frac{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2 (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)^2}{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)^2 \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2} = \left(\frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}-1}\right)^4 = (\sqrt{2}+1)^8; \end{aligned}$$

or,

$$\alpha_2 \alpha'_2 = -i(\sqrt{2}+1)^3, (\alpha_2 \alpha'_2)^3 = -(\sqrt{2}+1)^6,$$

par conséquent,

$$\alpha''_2 = -\frac{(\sqrt{2}+1)^8}{(\sqrt{2}+1)^6} = -(\sqrt{2}+1)^2 \text{ et } \alpha''_2 = \pm i(\sqrt{2}+1).$$

De la même manière il vient

$$\begin{aligned} (\alpha_3 \alpha'_3 \alpha''_3)^2 &= \frac{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)}{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = \\ &= \frac{(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)^2 \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)^2}{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2 \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)^2} = 1, \end{aligned}$$

mais

$$(\alpha_3 \alpha'_3)^2 = -(\sqrt{2}+1)^2,$$

par conséquent,

$$\alpha_3''^2 = -(\sqrt{2}-1)^2 \text{ et } \alpha_3'' = \pm i(\sqrt{2}-1).$$

Enfin on trouve

$$(\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1)^2 = \frac{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right) (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) \left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right)}{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = 1$$

et puisque

$$(\alpha_1 \alpha'_1)^2 = 1, \text{ on a } \alpha''_1^2 = 1 \text{ et } \alpha''_1 = \pm 1.$$

Ainsi, au signe près, les modules dérivés $\alpha''_1, \alpha''_2, \alpha''_3$, sont connus. Si, pour une raison ou pour une autre, on a choisi l'un des signes, les deux autres ne sauraient plus être douteux. En effet, soit par exemple $\alpha''_2 = +1$; alors l'égalité

$$\frac{\alpha_3 \alpha'_3 \alpha''_3}{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1} = \frac{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_3\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_3\right)}{\left(\alpha_1, \alpha_2, \frac{1}{\alpha_3}\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \frac{1}{\alpha_3}\right)} = +1$$

fournit

$$\alpha''_5 = \frac{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1}{\alpha_5 \alpha'_5} = i(\sqrt{2} - 1)$$

et

$$\frac{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1}{\alpha_2 \alpha'_2 \alpha''_2} = \frac{\left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha_2}, \alpha_5\right) \left(\alpha_1, \frac{1}{\alpha'_2}, \frac{1}{\alpha'_5}\right)}{\left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \alpha_5\right) \left(\frac{1}{\alpha_1}, \alpha_2, \frac{1}{\alpha'_5}\right)} = (\sqrt{2} - 1)^4$$

donne de même

$$\alpha''_2 = \frac{\alpha_1 \alpha'_1 \alpha''_1}{\alpha_2 \alpha'_2} (\sqrt{2} + 1)^4 = i(\sqrt{2} + 1).$$

Les 18 autres fonctions abéliennes.

Les 28 fonctions abéliennes ont déjà été trouvées précédemment. On fera connaître plus loin un moyen qui permet de déterminer leurs caractéristiques d'une manière directe; toutefois, dans l'intérêt de la brièveté, il est préférable d'appliquer les formules de M. W. (p. 96 et s.) qui donnent non-seulement la forme de ces fonctions, mais encore les caractéristiques correspondantes. On obtient successivement

$$\begin{aligned} \gamma_1^0 &= x_1 + \xi_2 + \xi_5 = s - 1 - \left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z - 1) + \\ &\quad + \frac{1}{\sqrt{2}}(z + i) = s - z + \varepsilon, \\ \gamma_1 &= \alpha_1 x_1 + \frac{\xi_2}{\alpha_2} + \frac{\xi_5}{\alpha_5} = s - 1 - \left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z - 1) - \\ &\quad - \frac{1}{\sqrt{2}}(z + i) = s - z - \varepsilon, \\ \gamma'_1 &= \alpha'_1 x_1 + \frac{\xi_2}{\alpha'_2} + \frac{\xi_5}{\alpha'_5} = s - 1 - \frac{i}{\sqrt{2}}(z - 1) - \\ &\quad - i\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z + i) = s - iz - \varepsilon', \\ \gamma''_1 &= \alpha''_1 x_1 + \frac{\xi_2}{\alpha''_2} + \frac{\xi_5}{\alpha''_5} = s - 1 + \frac{i}{\sqrt{2}}(z - 1) - \\ &\quad - i\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right)(z + i) = s - iz + \varepsilon', \end{aligned}$$

$$\gamma_2^{\circ} = \xi_4 + x_2 + \xi_5 = -(s - z + \varepsilon')$$

$$\gamma_2 = \frac{\xi_4}{\alpha_1} + \alpha_2 x_2 + \frac{\xi_5}{\alpha_5} = -(s - z - \varepsilon')$$

$$\gamma'_2 = \frac{\xi_4}{\alpha'_1} + \alpha'_2 x_2 + \frac{\xi_5}{\alpha'_5} = -(s + iz + \varepsilon)$$

$$\gamma''_2 = \frac{\xi_4}{\alpha''_1} + \alpha''_2 x_2 + \frac{\xi_5}{\alpha''_5} = -(s + iz - \varepsilon)$$

$$\gamma_5^{\circ} = \xi_1 + \xi_2 + x_5 = -(s + z - \varepsilon')$$

$$\gamma_5 = \frac{\xi_1}{\alpha_1} + \frac{\xi_2}{\alpha_2} + \alpha_5 x_5 = -(s + z + \varepsilon')$$

$$\gamma'_5 = \frac{\xi_1}{\alpha'_1} + \frac{\xi_2}{\alpha'_2} + \alpha'_5 x_5 = -(s - iz - \varepsilon)$$

$$\gamma''_5 = \frac{\xi_1}{\alpha''_1} + \frac{\xi_2}{\alpha''_2} + \alpha''_5 x_5 = -(s - iz + \varepsilon).$$

Les six dernières fonctions ne peuvent être autre chose que trois des couples qu'on a déjà rencontrés p. 124. En effet

$$\begin{aligned} \xi_4 &= \frac{\xi_1}{\alpha_1(1-\alpha_2\alpha_3)} + \frac{\xi_2}{\alpha_2(1-\alpha_3\alpha_1)} + \frac{\xi_5}{\alpha_3(1-\alpha_1\alpha_2)} = \\ &= -\frac{1}{2}\left(1-\sqrt{\frac{1}{2}}\right)(s-i), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_4 &= \frac{x_1}{1-\alpha_2\alpha_3} + \frac{x_2}{1-\alpha_3\alpha_1} + \frac{x_3}{1-\alpha_1\alpha_2} = \\ &= \frac{1}{2}\left(1-\sqrt{\frac{1}{2}}\right)(s+i); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \xi_5 &= \frac{\xi_1}{\alpha'_1(1-\alpha'_2\alpha'_3)} + \frac{\xi_2}{\alpha'_2(1-\alpha'_3\alpha'_1)} + \frac{\xi_3}{\alpha'_3(1-\alpha'_1\alpha'_2)} = \\ &= \frac{1}{2}(\sqrt{2}-1)(s+\varepsilon'z), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_5 &= \frac{x_1}{1-\alpha'_2\alpha'_3} + \frac{x_2}{1-\alpha'_3\alpha'_1} + \frac{x_3}{1-\alpha'_1\alpha'_2} = \\ &= -\frac{1}{2}(\sqrt{2}-1)(s-\varepsilon'z); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\xi_6 &= \frac{\xi_1}{\alpha''_1(1-\alpha''_2\alpha''_3)} + \frac{\xi_2}{\alpha''_2(1-\alpha''_3\alpha''_4)} + \frac{\xi_3}{\alpha''_3(1-\alpha''_4\alpha''_2)} = \\ &= -\frac{1}{2}(s - \varepsilon z),\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x_6 &= \frac{x_1}{1-\alpha''_2\alpha''_3} + \frac{x_2}{1-\alpha''_3\alpha''_4} + \frac{x_3}{1-\alpha''_4\alpha''_2} = \\ &= \frac{1}{2}(s + \varepsilon z).\end{aligned}$$

Si l'on désigne par

$$\begin{aligned}(\sqrt{x_1}) &= (\beta_1), (\sqrt{x_2}) = (\beta_2), (\sqrt{x_3}) = (\beta_3), (\sqrt{g^\circ}) = (\beta_4), \\ (\sqrt{g}) &= (\beta_5), (\sqrt{g'}) = (\beta_6), (\sqrt{g''}) = (\beta_7)\end{aligned}$$

les sept caractéristiques impaires formant un système complet, en indiquant de cette façon en même temps la caractéristique et la fonction à laquelle elle appartient, les autres sont (W. p. 100 et 101):

$$\begin{array}{l|l}(\sqrt{\xi_1}) = (p + \beta_2 + \beta_3) & (\sqrt{\gamma^\circ_1}) = (p + \beta_1 + \beta_4) \\ (\sqrt{\xi_2}) = (p + \beta_3 + \beta_1) & (\sqrt{\gamma_1}) = (p + \beta_1 + \beta_5) \\ (\sqrt{\xi_3}) = (p + \beta_1 + \beta_2) & (\sqrt{\gamma'_1}) = (p + \beta_1 + \beta_6) \\ & (\sqrt{\gamma''_1}) = (p + \beta_1 + \beta_7)\end{array}$$

$$\begin{array}{l|l}(\sqrt{\gamma^\circ_2}) = (p + \beta_2 + \beta_4) & (\sqrt{\gamma^\circ_3}) = (p + \beta_3 + \beta_4) \\ (\sqrt{\gamma_2}) = (p + \beta_2 + \beta_5) & (\sqrt{\gamma_3}) = (p + \beta_3 + \beta_5) \\ (\sqrt{\gamma'_2}) = (p + \beta_2 + \beta_6) & (\sqrt{\gamma'_3}) = (p + \beta_3 + \beta_6) \\ (\sqrt{\gamma''_2}) = (p + \beta_2 + \beta_7) & (\sqrt{\gamma''_3}) = (p + \beta_3 + \beta_7)\end{array}$$

$$\begin{array}{l|l}(\sqrt{\xi_4}) = (p + \beta_4 + \beta_5) & (\sqrt{x_4}) = (p + \beta_6 + \beta_7) \\ (\sqrt{\xi_5}) = (p + \beta_4 + \beta_6) & (\sqrt{x_5}) = (p + \beta_7 + \beta_5) \\ (\sqrt{\xi_6}) = (p + \beta_4 + \beta_7) & (\sqrt{x_6}) = (p + \beta_5 + \beta_6)\end{array}$$

$$(p) = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7).$$

Détermination des caractéristiques.

Il s'agit seulement des sept caractéristiques $(\sqrt{x_1})$, $(\sqrt{x_2})$, $(\sqrt{x_3})$, $(\sqrt{g^0})$, $(\sqrt{g})$, $(\sqrt{g'})$, $(\sqrt{g''})$ qui forment un système complet. M. Weber, à la p. 79 de son ouvrage dit : « Lorsqu'une fonction abélienne $\sqrt{x}$ s'annule dans les mêmes points que $\mathcal{P}_{(\omega)} \left(\int_{\zeta'}^{\zeta} du_h \right)$, on appellera (ω) la caractéristique de cette fonction abélienne et on la désignera par $(\sqrt{x})$. » A ce propos, une observation importante se présente tout naturellement. De même que l'égalité de deux quotients n'entraîne pas nécessairement l'égalité des dividendes d'une part et des diviseurs d'autre part, de même l'équation

$$C \sqrt{\frac{x_1}{x_2}} = \frac{\mathcal{P}_{(\omega_1)} \left(\int_{\zeta'}^{\zeta} du_h \right)}{\mathcal{P}_{(\omega_2)} \left(\int_{\zeta'}^{\zeta} du_h \right)}$$

ne permet pas de conclure que la fonction $\sqrt{x_1}$ affecte exactement le système de facteurs indiqué par la caractéristique $(\sqrt{x_1})$. En effet, lorsque la variable ζ , soit le point (z, s) franchit les six coupures, les deux membres de cette équation prennent bien le même système de facteurs, mais il se peut que, dans le quotient, un certain nombre de facteurs (-1) se soient détruits. Ainsi donc, si l'on veut déterminer, par exemple, la caractéristique $(\sqrt{x_1})$, en observant combien de fois la fonction $\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}$ change de signe, lorsque ζ traverse les coupures, la combinaison de nombres, ainsi obtenue, ne donne pas directement $(\sqrt{x_1})$, mais $(\sqrt{x_1}) + (q)$, où (q) signifie une caractéristique encore inconnue, qui d'ailleurs conserve toujours la même valeur.

Il est à peine besoin de rappeler ici qu'une racine carrée change de signe toutes les fois que la variable, en parcourant une courbe fermée quelconque, contourne un des points pour lesquels la quantité sous le radical s'annule, pourvu que le zéro soit du 1^{er} ordre ou d'une manière plus générale, d'un ordre impair. Or, franchir la coupure a , revient à décrire la coupure complète b ; l'effet produit est évidemment le même.

Pour la fonction $\sqrt{x_2} = \sqrt{z+1}$ cette détermination est très simple, attendu que dans ce cas la surface de Riemann T' fournit tous les éléments nécessaires. En effet, il suffit d'observer combien de fois chacune des coupures contourne le point $z = -1$. Un coup d'œil, jeté sur les fig. 8^a.... 8^f, montre que

la coupure a_1 fait 2 contours, la coupure b_1 fait 0 contour

» a_2 » 1 contour, » b_2 » 0 »

» a_3 » 0 » » b_3 » 1 »

En réduisant encore ces nombres à 0 et 1 (mod. 2), on a ainsi

$$(\sqrt{x_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 001 \\ 010 \end{pmatrix}.$$

D'une manière analogue le point $z = i$ donne

$$(\sqrt{x_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 111 \\ 011 \end{pmatrix}.$$

Pour faciliter le contrôle ultérieur on peut ajouter

$$(\sqrt{\xi_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 001 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{z-1}, \quad \text{point } z = 1,$$

$$(\sqrt{\xi_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 100 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad \text{» } \sqrt{z+i}, \quad \text{» } z = -i,$$

Afin d'obtenir la caractéristique de $\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}$, il est utile de représenter les six coupures au moyen de la fonction $s = \sqrt[4]{1-z^4}$. D'après ce qui précède, cette représentation n'offre aucune difficulté. Cependant, il n'est peut-être pas superflu de rappeler que, pour la fonction s , le point $z = 0$ est un point singulier (*Wendungspunkt*), en ce sens qu'à un circuit de z autour de ce point correspondent quatre circuits de s autour du point $s = 1$. En d'autres termes, dans le voisinage de ce point, les angles de l'image sont 4 fois aussi grands que les angles correspondants de l'original. On le reconnaît aisément à l'aide du développement

$$s - 1 = -\frac{1}{4} z^4 \dots$$

Il va de soi qu'il faudra tenir compte des différentes nappes dans lesquelles le point z peut se mouvoir. Les fig. 9^a... 9^f, ainsi établies (les chiffres appliqués sur ces contours se rapportent aux points correspondants du plan (z)), on observera combien de fois chacune de ces courbes contourne le point $s = 1$. De cette manière, on trouve

$$(\sqrt{x_1}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 010 \end{pmatrix}.$$

Les mêmes figures donnent encore, pour contrôle

$$(\sqrt{\xi_1}) + (q) = \binom{001}{001}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+1}, \quad \text{point } s = -1,$$

$$(\sqrt{\xi_4}) + (q) = \binom{000}{011}, \quad \text{»} \quad \sqrt{s-i}, \quad \text{»} \quad s = i,$$

$$(\sqrt{x_4}) + (q) = \binom{011}{000}, \quad \text{»} \quad \sqrt{s+i}, \quad \text{»} \quad s = -i.$$

La représentation des six coupures sur un plan (u), à l'aide de la fonction $u = s + z$, conduira facilement à la caractéristique de $\sqrt{g^0} = \sqrt{s+z-\varepsilon}$, car cette fonction ne peut évidemment s'annuler que pour $s+z=\varepsilon$.

Si l'on écrit

$$u = z + m \sqrt[4]{1-z^4},$$

m prendra les valeurs $\pm 1, \pm i$, suivant la nappe et le bord sur lequel le point z se meut. A cet égard, les fig. 2 et 3 fournissent tous les renseignements nécessaires. Pour plus de facilité on pourra se servir du petit tableau suivant :

Bord		+	—	+	—	+	—	+	—
Chemin parcouru par z		01	01	0i	0i	0—1	0—1	0—i	0—i
Facteur de s dans la nappe	I	1	i	i	—1	—1	— i	— i	1
	II	i	—1	—1	— i	— i	1	1	i
	III	—1	— i	— i	1	1	i	i	—1
	IV	— i	1	1	i	i	—1	—1	— i

Par exemple, lorsque z longe le bord négatif de l'axe Oi dans la 4^{me} nappe, la racine $\sqrt[4]{1-z^4}$ affecte le facteur i . Il est à remarquer, en outre, que pour la fonction u les points $z = \pm \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, $z = \pm i \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$ sont des points singuliers tels que, dans le voisinage des points correspondants $u = \pm 2 \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, $u = \pm 2i \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, les angles de l'image sont le double de ceux de l'original, car on a les développements

$$u - 2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z - \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si } s \text{ prend le facteur } 1,$$

$$u - 2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6i \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z - i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si } s \gg i,$$

$$u + 2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z + \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si } s \gg -1,$$

$$u + 2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6i \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}} \left(z + i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{si } s \gg -i.$$

Dans les fig. 10^a... 10^f, construites d'après ces indications, les points marqués $\pm n$, $\pm ni$ répondent aux points singuliers $\pm \sqrt[4]{\frac{1}{2}}$, $\pm i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}$ de l'original. Maintenant on voit immédiatement que

$$(\sqrt{g^0}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+z-\varepsilon}, \quad \text{point } u = \varepsilon,$$

$$(\sqrt{g}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad \gg \sqrt{s+z+\varepsilon}, \quad \gg u = -\varepsilon,$$

et pour contrôle

$$(\sqrt{\gamma^0_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+z-\varepsilon'}, \quad \text{point } u = \varepsilon',$$

$$(\sqrt{\gamma_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad \gg \sqrt{s+z+\varepsilon'}, \quad \gg u = -\varepsilon'.$$

En dernier lieu, il s'agit de trouver les caractéristiques des fonctions $\sqrt{g'} = \sqrt{s+iz+\varepsilon'}$ et $\sqrt{g''} = \sqrt{s+iz-\varepsilon'}$. La voie suivie déjà deux fois conduit encore au but, c'est-à-dire qu'on représentera les six coupures sur un plan (v) moyennant la fonction

$$v = s + iz = iz + m\sqrt[4]{1-z^4}.$$

Au sujet du facteur m , l'observation relative au cas précédent est encore applicable. La fonction v présente les mêmes singularités que la fonction u , avec les modifications qui ressortent des développements

$$v - 2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6i\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z - \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si s prend le facteur } i,$$

$$v + 2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = -6\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z - i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si s } \gg \gg -1,$$

$$v + 2i\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6i\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z + \sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si s } \gg \gg -i,$$

$$v - 2\sqrt[4]{\frac{1}{2}} = 6\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{4}}\left(z + i\sqrt[4]{\frac{1}{2}}\right)^2 \dots \text{ si s } \gg \gg 1.$$

Enfin, les fig. 11^a ... 11^f donnent immédiatement

$$(\sqrt{g'}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 111 \end{pmatrix}, \quad \text{fonction } \sqrt{s+iz+\varepsilon'}, \quad \text{point } v = -\varepsilon',$$

$$(\sqrt{g''}) + (q) = \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}, \quad \gg \quad \sqrt{s+iz-\varepsilon'}, \quad \gg \quad v = \varepsilon',$$

$$(\sqrt{\gamma''_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 111 \\ 101 \end{pmatrix}, \quad \gg \quad \sqrt{s+iz-\varepsilon}, \quad \gg \quad v = \varepsilon,$$

$$(\sqrt{\gamma'_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 011 \\ 101 \end{pmatrix}, \quad \gg \quad \sqrt{s+iz+\varepsilon}, \quad \gg \quad v = -\varepsilon.$$

En résumé, on vient de trouver

$$(\sqrt{x_1}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 010 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{x_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 001 \\ 010 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{x_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 111 \\ 011 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{g^o}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{g}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{g'}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 111 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{g''}) + (q) = \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix}$$

et pour contrôle

$$(\sqrt{\xi_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 001 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\xi_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 100 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\xi_1}) + (q) = \begin{pmatrix} 001 \\ 001 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{\xi_4}) + (q) = \begin{pmatrix} 000 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{x_4}) + (q) = \begin{pmatrix} 011 \\ 000 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\gamma_5^o}) + (q) = \begin{pmatrix} 010 \\ 000 \end{pmatrix},$$

$$(\sqrt{\gamma_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 101 \\ 011 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\gamma''_3}) + (q) = \begin{pmatrix} 111 \\ 101 \end{pmatrix}, \quad (\sqrt{\gamma'_2}) + (q) = \begin{pmatrix} 011 \\ 101 \end{pmatrix}.$$

Afin d'obtenir finalement la caractéristique $(\sqrt{x_1})$ et avec elle (q) et toutes les autres, on peut former les 6 groupes

$$(\sqrt{x_1 x_2}), \quad (\sqrt{x_1 x_3}), \quad (\sqrt{x_1 g^o}), \quad (\sqrt{x_1 g}), \quad (\sqrt{x_1 g'}), \quad (\sqrt{x_1 g''}).$$

Evidemment, ceux-ci ont une seule caractéristique commune, à savoir $(\sqrt{x_1})$ qui, de ce fait, est parfaitement déterminée. Or, les tables de M. W. (p. 180 et suiv.), donnent

$$(\sqrt{x_1 x_2}) = \binom{010}{010} + \binom{001}{010} = \binom{011}{000} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{111}{100} = \binom{100}{111} + \frac{\binom{111}{111}}{2} = \frac{\binom{010}{011}}{3} +$$

$$+ \binom{001}{011} = \binom{010}{111} + \frac{\binom{001}{111}}{4} = \binom{101}{100} + \frac{\binom{110}{100}}{5} = \binom{101}{011} + \frac{\binom{110}{011}}{6},$$

$$(\sqrt{x_1 x_3}) = \binom{010}{010} + \binom{111}{011} = \binom{101}{001} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{001}{101} = \binom{100}{110} + \frac{\binom{001}{111}}{4} = \binom{010}{110} +$$

$$+ \frac{\binom{111}{111}}{2} = \frac{\binom{010}{011}}{3} + \binom{111}{010} = \binom{011}{010} + \frac{\binom{110}{011}}{6} = \binom{011}{101} + \frac{\binom{110}{100}}{5},$$

$$(\sqrt{x_1 g^o}) = \binom{010}{010} + \binom{010}{011} = \binom{000}{001} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{100}{101} = \binom{100}{110} + \binom{100}{111} = \binom{010}{010} +$$

$$+ \frac{\binom{010}{011}}{3} = \binom{010}{110} + \binom{010}{111} = \frac{\binom{110}{100}}{5} + \binom{110}{101} = \binom{110}{010} + \frac{\binom{110}{011}}{6},$$

$$(\sqrt{x_1 g}) = \binom{010}{010} + \binom{101}{000} = \binom{111}{010} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{011}{110} = \binom{100}{111} + \binom{011}{101} = \binom{010}{110} +$$

$$+ \frac{\binom{101}{100}}{3} = \frac{\binom{010}{011}}{3} + \binom{101}{001} = \binom{001}{001} + \frac{\binom{110}{011}}{6} = \frac{\binom{001}{111}}{4} + \binom{110}{101},$$

$$(\sqrt{x_1 g'}) = \binom{010}{010} + \binom{101}{111} = \binom{111}{101} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{011}{001} = \binom{100}{111} + \binom{011}{010} = \binom{010}{110} +$$

$$+ \frac{\binom{101}{011}}{3} = \frac{\binom{010}{011}}{3} + \binom{101}{110} = \binom{001}{001} + \frac{\binom{110}{100}}{5} = \frac{\binom{001}{111}}{4} + \binom{110}{010},$$

$$(\sqrt{x_1 g''}) = \binom{010}{010} + \binom{001}{111} = \binom{011}{101} = \frac{\binom{100}{100}}{1} + \binom{111}{001} = \binom{100}{111} + \binom{111}{010} = \binom{010}{010} +$$

$$+ \frac{\binom{001}{111}}{4} = \binom{010}{110} + \binom{001}{011} = \binom{101}{001} + \frac{\binom{110}{100}}{5} = \binom{101}{110} + \frac{\binom{110}{011}}{6},$$

Il s'ensuit

$$(\sqrt{x_1}) = \binom{100}{100}$$

et par conséquent $(q) = \binom{110}{110}$, $(p) = \sum_1^7 (\beta_i) = \binom{001}{110}$.

On a ainsi

$$(\sqrt{x_1}) = \binom{100}{100}, \quad (\sqrt{x_2}) = \binom{111}{100}, \quad (\sqrt{x_3}) = \binom{001}{101}, \quad (\sqrt{g^o}) = \binom{100}{101},$$

$$(\sqrt{g}) = \binom{011}{110}, \quad (\sqrt{g'}) = \binom{011}{001}, \quad (\sqrt{g''}) = \binom{111}{001}$$

et pour contrôle

$$\begin{aligned}(\sqrt{\xi_2}) &= \binom{100}{111}, (\sqrt{\xi_3}) = \binom{010}{110}, (\sqrt{\xi_4}) = \binom{111}{111}, (\sqrt{\xi_4}) = \binom{110}{101}, (\sqrt{x_4}) = \binom{101}{110}, \\(\sqrt{\gamma_5}) &= \binom{100}{110}, (\sqrt{\gamma_5}) = \binom{011}{101}, (\sqrt{\gamma_2}) = \binom{001}{011}, (\sqrt{\gamma_2}) = \binom{101}{011}.\end{aligned}$$

On est maintenant en état de dresser le tableau suivant, contenant les 28 fonctions abéliennes avec leurs caractéristiques et leurs zéros (voir p. 142 et 143 ci-après).

Transformation des intégrales w_1, w_2, w_3 .

Avant de continuer cette étude, il est bon de soumettre les intégrales de première espèce à un examen un peu plus attentif.

$$w_1 = \int \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^5}}$$

On peut d'abord transformer l'intégrale proposée au moyen de la fonction

$$\zeta = e^{\frac{1}{4}\pi i} \frac{z}{s}.$$

Il vient successivement

$$\begin{aligned}z &= e^{-\frac{1}{4}\pi i} \frac{\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}, \quad s = \frac{1}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}, \quad dz = e^{-\frac{1}{4}\pi i} \frac{d\zeta}{(1-\zeta^4)^{\frac{5}{4}}}, \\w_1 &= e^{-\frac{1}{4}\pi i} \int \frac{d\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}.\end{aligned}$$

La substitution

$$\zeta = e^{\frac{1}{4}\pi i} \eta$$

donne ensuite

$$w_1 = \int \frac{d\eta}{\sqrt[4]{1+\eta^4}}.$$

Pour ramener cette intégrale elliptique à la forme normale de Legendre, on posera en premier lieu

N ^{os}	Notat.	Expression.	Caract.	$\mathcal{Z}_1$	S_1	Nappe.	$\mathcal{Z}_2$	S_2	Nappe.
1	$\overline{Vx_1}$	$\overline{Vs-1}$	$\begin{smallmatrix} 400 \\ 400 \end{smallmatrix}$	0	1	I	0	1	I
2	$\overline{Vx_2}$	$\overline{Vz+1}$	$\begin{smallmatrix} 441 \\ 400 \end{smallmatrix}$	-1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	-1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
3	$\overline{Vx_3}$	$\overline{Vz-i}$	$\begin{smallmatrix} 001 \\ 404 \end{smallmatrix}$	i	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	i	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
4	$\overline{Vg^0}$	$\overline{Vs+z-\varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 400 \\ 401 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	III	$-e$	$-e$	II
5	$\overline{Vg}$	$\overline{Vs+z+\varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 041 \\ 410 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	III	$-e$	$-e$	II
6	$\overline{Vg'}$	$\overline{Vs+iz+\varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 041 \\ 001 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	IV	$-e$	$-e$	III
7	$\overline{Vg''}$	$\overline{Vs+iz-\varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 411 \\ 001 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	IV	$-e$	$-e$	III
8	$\overline{V\xi_1}$	$\overline{Vs+1}$	$\begin{smallmatrix} 441 \\ 411 \end{smallmatrix}$	0	-1	III	0	-1	III
9	$\overline{V\xi_2}$	$\overline{Vz-1}$	$\begin{smallmatrix} 400 \\ 441 \end{smallmatrix}$	1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	1	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
10	$\overline{V\xi_3}$	$\overline{Vz+i}$	$\begin{smallmatrix} 010 \\ 410 \end{smallmatrix}$	$-i$	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$	$-i$	0	$\begin{smallmatrix} I & II \\ III & IV \end{smallmatrix}$
11	$\overline{V\gamma^0_1}$	$\overline{Vs-z+\varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 004 \\ 441 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	I	$-e$	$-e$	IV
12	$\overline{V\gamma_1}$	$\overline{Vs-z-\varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 440 \\ 400 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	I	$-e$	$-e$	IV
13	$\overline{V\gamma'_1}$	$\overline{Vs-iz-\varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 410 \\ 041 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	II	$-e$	$-e$	I
14	$\overline{V\gamma''_1}$	$\overline{Vs-iz+\varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 010 \\ 041 \end{smallmatrix}$	$-e$	$-e$	II	$-e$	$-e$	I

15	$\sqrt{\gamma''_2}$	$\sqrt{s - \varepsilon + \varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 010 \\ 111 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	IV	I	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	I
16	$\sqrt{\gamma''_2}$	$\sqrt{s - \varepsilon - \varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 101 \\ 100 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	IV	I	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	I
17	$\sqrt{\gamma'_2}$	$\sqrt{s + i\varepsilon + \varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 101 \\ 011 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	III	IV	$\begin{smallmatrix} \frac{11}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	IV
18	$\sqrt{\gamma''_2}$	$\sqrt{s + i\varepsilon - \varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 001 \\ 011 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	III	IV	$\begin{smallmatrix} \frac{11}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	IV
19	$\sqrt{\gamma''_3}$	$\sqrt{s + \varepsilon - \varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 100 \\ 110 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	II	III	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	III
20	$\sqrt{\gamma'_3}$	$\sqrt{s + \varepsilon + \varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 011 \\ 101 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	II	III	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	III
21	$\sqrt{\gamma'_3}$	$\sqrt{s - i\varepsilon - \varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 011 \\ 010 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	I	II	$\begin{smallmatrix} \frac{11}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	II
22	$\sqrt{\gamma''_3}$	$\sqrt{s - i\varepsilon + \varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 111 \\ 010 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \frac{5}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} -\frac{11}{12}\pi i \\ -e \end{smallmatrix}$	I	II	$\begin{smallmatrix} \frac{11}{12}\pi i \\ e \end{smallmatrix}$	II
23	$\sqrt{\xi_4}$	$\sqrt{s - i}$	$\begin{smallmatrix} 110 \\ 101 \end{smallmatrix}$	0	$\begin{smallmatrix} i \\ 0 \end{smallmatrix}$	II	II	$\begin{smallmatrix} i \\ 0 \end{smallmatrix}$	II
24	$\sqrt{\xi_3}$	$\sqrt{s + \varepsilon' \varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 110 \\ 010 \end{smallmatrix}$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon'$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon'$	II	II	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon'$	II
25	$\sqrt{\xi_6}$	$\sqrt{s - \varepsilon \varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 010 \\ 010 \end{smallmatrix}$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon$	I	I	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon$	I
26	$\sqrt{x_4}$	$\sqrt{s + i}$	$\begin{smallmatrix} 101 \\ 110 \end{smallmatrix}$	0	$\begin{smallmatrix} -i \\ 0 \end{smallmatrix}$	IV	IV	$\begin{smallmatrix} -i \\ 0 \end{smallmatrix}$	IV
27	$\sqrt{x_5}$	$\sqrt{s - \varepsilon' \varepsilon}$	$\begin{smallmatrix} 101 \\ 001 \end{smallmatrix}$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon'$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon'$	IV	IV	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = \varepsilon'$	IV
28	$\sqrt{x_6}$	$\sqrt{s + \varepsilon \varepsilon'}$	$\begin{smallmatrix} 001 \\ 001 \end{smallmatrix}$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon$	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon$	III	III	∞ de sorte que $\frac{s}{\varepsilon} = -\varepsilon$	III

$$\eta = \frac{y-1}{y+1}, \quad d\eta = \frac{2dy}{(y+1)^2},$$

d'où il suit

$$w_1 = \sqrt{2} \int \frac{dy}{\sqrt{y^4 + 6y^2 + 1}} = \sqrt{2} \int \frac{dy}{\sqrt{[y^2 + (\sqrt{2}+1)^2][y^2 + (\sqrt{2}-1)^2]}}$$

puis

$$y = (\sqrt{2}+1) \cotg \varphi, \quad dy = -(\sqrt{2}+1) \frac{d\varphi}{\sin^2 \varphi},$$

ce qui conduit à la forme

$$\begin{aligned} w_1 &= -\sqrt{2} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{(\sqrt{2}+1)^2 \cos^2 \varphi + (\sqrt{2}-1)^2 \sin^2 \varphi}} = \\ &= -\sqrt{2} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{(\sqrt{2}+1)^2 - 4\sqrt{2} \sin^2 \varphi}} = \\ &= -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \left(\frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1}\right)^2 \sin^2 \varphi}}. \end{aligned}$$

Afin de transformer cette dernière intégrale en une autre dont le module est plus petit, on peut employer la substitution de Landen, soit la formule

$$\int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi}} = F(k, \varphi) = \frac{1+k_1}{2} F(k_1, \varphi_1),$$

dans laquelle les amplitudes φ et φ_1 sont reliées par l'équation

$$\operatorname{tg}(\varphi_1 - \varphi) = k' \operatorname{tg} \varphi, \quad \text{où } k' = \sqrt{1-k^2}$$

et le nouveau module

$$k_1 = \frac{1-k'}{1+k'}.$$

Appliquées au cas actuel, où

$$k = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}+1}, \quad k' = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1}$$

ces formules donnent

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ et } w_1 = -\frac{1}{2} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}}.$$

Pour faciliter la détermination des limites, voici encore une fois la série des substitutions employées :

$$\zeta = e^{\frac{1}{4}\pi i} \frac{z}{s} = e^{\frac{1}{4}\pi i} \frac{z}{\sqrt[4]{1-z^4}}, \quad \eta = e^{-\frac{1}{4}\pi i} \zeta, \quad y = \frac{1+\eta}{1-\eta},$$

$$\cotg \varphi = \frac{y}{\sqrt{2}+1}, \quad \tg(\varphi_1 - \varphi) = (\sqrt{2}-1)^2 \tg \varphi.$$

Ceci posé, on trouve, par exemple, en désignant par ∞ le point à l'infini de l'axe des X positifs et, d'une manière analogue, par $\varepsilon.\infty$ le point à l'infini de la droite $y=x$ du côté des X positifs :

$$\begin{aligned} K_1 &= \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = \varepsilon' \int_0^{\varepsilon.\infty} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} = \int_0^\infty \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}} = \\ &= \int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}} + \int_1^\infty \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}}. \end{aligned}$$

Si, dans la dernière intégrale, on remplace η par $\frac{1}{\eta}$, on remarque que

$$\int_1^\infty \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}} = \int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}},$$

par conséquent

$$K_1 = 2 \int_0^1 \frac{d\eta}{\sqrt{1+\eta^4}}.$$

Aux limites 0 et 1 de η correspondent les limites 1 et ∞ de y , $\arctg(\sqrt{2}+1)$ et 0 de φ . Reste encore à déterminer celles de φ_1 . A l'aide de l'équation

$$\tg(\varphi_1 - \varphi) = (\sqrt{2}-1)^2 \tg \varphi,$$

dont on tire

$$\operatorname{tg} g_1 = \frac{1 + (\sqrt{2} + 1)^2}{1 - (\sqrt{2} - 1)^2 \operatorname{tg}^2 \varphi} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

il vient $\varphi_1 = \frac{1}{2}\pi$ pour $\operatorname{tg} \varphi = (\sqrt{2} + 1)$ et $\varphi_1 = 0$ pour $\varphi = 0$, de sorte que

$$K_1 = 2 \left(-\frac{1}{2} \right) \int_{\frac{\pi}{2}}^0 \frac{dg_1}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 g_1}} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{dg_1}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 g_1}}.$$

$$w_2 = \int \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1 - z^4)^3}}.$$

En introduisant s comme variable d'intégration, on a immédiatement

$$z = \sqrt{1 - s^4}, dz = -\frac{s^3 ds}{(1 - s^4)^{\frac{3}{4}}} \text{ et } w_2 = -\int \frac{ds}{\sqrt{1 - s^4}}.$$

Puis la substitution

$$s = \cos \varphi, ds = -\sin \varphi d\varphi$$

donne

$$w_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}}.$$

Il s'ensuit, par exemple,

$$K_2 = \int_0^1 \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1 - z^4)^3}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} = \frac{1}{\sqrt{2}} K_1.$$

$$w_3 = \int \frac{dz}{\sqrt{1 - z^4}}.$$

Il suffit de poser

$$z = \cos \varphi, dz = -\sin \varphi d\varphi$$

pour ramener cette intégrale elliptique à la forme normale

$$w_3 = -\frac{1}{\sqrt{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}}.$$

On en tire

$$K_3 = \int_0^1 \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi}} = \frac{1}{\sqrt{2}} K_1.$$

Ainsi, on vient de trouver

$$K_2 = K_3 = \frac{1}{\sqrt{2}} K_1.$$

Valeur numérique de K_1 .

En vue d'une représentation qui sera faite ultérieurement, il est utile de connaître la valeur numérique de K_1 . Pour la déterminer, on peut se servir de la méthode de Gauss.

Si l'on pose, pour abréger,

$$f(a, b, \varphi) = \int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\sqrt{a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi}}$$

et que l'on soumette cette fonction n fois de suite à la transformation de Landen, il vient

$$\begin{aligned} f(a, b, \varphi) &= \frac{1}{2} f(a_1, b_1, \varphi_1) = \frac{1}{2^2} f(a_2, b_2, \varphi_2) = \dots \\ &= \frac{1}{2^n} f(a_n, b_n, \varphi_n), \text{ où} \end{aligned}$$

$$a_1 = \frac{1}{2}(a+b), \quad b_1 = \sqrt{ab}, \quad \operatorname{tg}(\varphi_1 - \varphi) = \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varphi,$$

$$a_2 = \frac{1}{2}(a_1 + b_1), \quad b_2 = \sqrt{a_1 b_1}, \quad \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_1) = \frac{b_1}{a_1} \operatorname{tg} \varphi_1,$$

$$a_3 = \frac{1}{2}(a_2 + b_2), \quad b_3 = \sqrt{a_2 b_2}, \quad \operatorname{tg}(\varphi_3 - \varphi_2) = \frac{b_2}{a_2} \operatorname{tg} \varphi_2,$$

$$\dots \dots \dots$$

Le calcul doit être poussé jusqu'à ce que $\lim \frac{b_n}{a_n} = 1$. Alors, si l'on écrit encore $\lim \left(\frac{\varphi_n}{2^n} \right) = \Phi$ et $\lim a_n = \lim b_n = A$, on a $f(a, b, \varphi) = \frac{\Phi}{A}$. Lorsque $\varphi = \frac{1}{2}\pi$, Φ est évidemment aussi $= \frac{1}{2}\pi$ et par conséquent

$$f(a, b, \frac{1}{2}\pi) = \frac{\frac{1}{2}\pi}{A}.$$

Or, dans le cas actuel,

$$K_1 = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - \frac{1}{2}\sin^2\varphi}} = \sqrt{2} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{2\cos^2\varphi + \sin^2\varphi}},$$

où

$$a = \sqrt{2} = 1,41421356, \quad b = 1,$$

on trouve successivement

$$a_1 = 1,20710678, \quad b_1 = 1,18920722,$$

$$a_2 = 1,19815695, \quad b_2 = 1,19812352,$$

$$a_3 = 1,19814023, \quad b_3 = 1,19814023. *$$

Il s'ensuit

$$A = 1,19814023, \quad K_1 = \frac{1}{2}\pi \cdot \sqrt{2} \cdot 0,83462684 = 1,85407468.$$

Il est intéressant de constater que les sommes

$$W_h = \int_0^\alpha dw_h + \int_0^\beta dw_h,$$

où α et β signifient les zéros d'une fonction abélienne quelconque, s'expriment d'une manière très simple au moyen des

quantités K_1, K_2, K_3 . A cet effet, et afin de faciliter le contrôle des calculs par la vue, on opérera la représentation du cercle des unités à l'aide des intégrales w_1, w_2, w_3 . Pour mieux distinguer les différentes nappes, on tracera chaque dessin quatre fois. Dans les fig. 12^a ... 12^m, pl. X, les chiffres $\pm 1, \pm i$ se rapportent aux points correspondants de la surface (z). Le cercle des unités entre successivement dans chacune des quatre nappes. Si l'on exigeait que le point z restât constamment dans la même nappe, il faudrait faire intervenir les modules de périodicité des intégrales w_h ; mais il n'y a aucune utilité de procéder de cette façon.

Zéros de $\sqrt{g^o}$.

Soit à déterminer

$$W_1 = \int_{\text{III}} e^{\frac{7}{12}\pi i} dw_1 + \int_{\text{II}} e^{-\frac{1}{12}\pi i} dw_1.$$

En soumettant l'intégrale w_1 à la transformation $\zeta = \varepsilon \frac{z}{s}$, on obtient l'intégrale indéfinie $\varepsilon' \int \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}$ (comp. p. 141). Dans le calcul des limites de ζ , on se servira des valeurs de s qui correspondent à $z = e^{\frac{7}{12}\pi i}$ dans la 3^{me} nappe et à $z = e^{-\frac{1}{12}\pi i}$ dans la 2^{me} nappe.

On trouve

$$\text{III} \quad z = e^{\frac{7}{12}\pi i}, s = e^{-\frac{1}{12}\pi i}, \zeta = e^{\frac{1}{4}\pi i + \frac{7}{12}\pi i + \frac{1}{12}\pi i} = e^{\frac{11}{12}\pi i} \quad (\text{Voir les fig. 2 et 3.})$$

$$\text{II} \quad z = e^{-\frac{1}{12}\pi i}, s = e^{\frac{7}{12}\pi i}, \zeta = e^{\frac{1}{4}\pi i - \frac{1}{12}\pi i - \frac{7}{12}\pi i} = e^{-\frac{5}{12}\pi i}.$$

Si l'on admet, en outre, que $\sqrt{1-\zeta^4} = +1$ pour $\zeta = 0$, le signe de $\sqrt{1-\zeta^4}$ dépend de la relation

$$s^2 = \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^4}}.$$

Or, lorsque z se meut de 0 à $e^{-\frac{1}{12}\pi i}$ dans la 2^{me} nappe, s va de i à $e^{\frac{7}{12}\pi i}$, s^2 de -1 à $e^{\frac{7}{6}\pi i}$. Sur ce parcours, la partie réelle

de s^2 est négative; il s'ensuit que, dans la 2^{me} des intégrales proposées, $\sqrt{1-\zeta^4}$ affecte le signe (—). Ainsi, il vient

$$\begin{aligned} W_1 &= \varepsilon' \left[\int_0^{e^{\frac{11}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} - \int_0^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} \right] = \\ &= \varepsilon' \left[\int_0^{e^{\frac{11}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} + \int_0^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}} \right]. \end{aligned}$$

Grâce au théorème de l'addition des intégrales elliptiques de première espèce, à savoir

$$\begin{aligned} \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}} + \int_0^y \frac{dy}{\sqrt{(1-y^2)(1-k^2y^2)}} = \\ = \int_0^c \frac{dz}{\sqrt{(1-z^2)(1-k^2z^2)}}, \end{aligned}$$

où

$$c = \frac{x\sqrt{(1-y^2)(1-k^2y^2)} + y\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}{1-k^2x^2y^2}$$

on peut réduire cette somme à une seule intégrale. Dans le cas actuel

$$\begin{aligned} k^2 &= -1, \quad x = e^{\frac{11}{12}\pi i}, \quad y = e^{\frac{7}{12}\pi i}, \\ c &= \frac{e^{\frac{11}{12}\pi i} \sqrt{1-e^{\frac{7}{3}\pi i}} + e^{\frac{7}{12}\pi i} \sqrt{1-e^{\frac{11}{3}\pi i}}}{1 + e^{\frac{11}{6}\pi i} e^{\frac{7}{6}\pi i}} = \\ &= \frac{e^{\frac{11}{12}\pi i} e^{-\frac{4}{6}\pi i} + e^{\frac{7}{12}\pi i} e^{\frac{4}{6}\pi i}}{1-1} = \frac{e^{\frac{3}{4}\pi i} + e^{\frac{3}{4}\pi i}}{0} = 2 \frac{e^{\frac{3}{4}\pi i}}{0}, \end{aligned}$$

en sorte que

$$W_1 = \varepsilon' \int_0^{-\varepsilon' x} \frac{d\zeta}{\sqrt{1-\zeta^4}}.$$

Substituant encore $\zeta = -\varepsilon' t$, il vient finalement

$$W_1 = \varepsilon'(-\varepsilon') \int_0^\infty \frac{dt}{\sqrt{1+t^4}} = i \int_0^\infty \frac{dt}{\sqrt{1+t^4}} = iK_1.$$

Observation. Dans le calcul de c , on choisira celle des deux valeurs de $\sqrt{1-e^x}$ dont la partie réelle est positive.

Soit à déterminer

$$W_2 = \int_{III} \frac{e^{\frac{7}{12}\pi i}}{dw_2} + \int_{II} \frac{e^{-\frac{4}{21}\pi i}}{dw_2}.$$

Si l'on introduit s comme variable, on obtient l'intégrale indéfinie

$$w_2 = -\int \frac{ds}{\sqrt{1-s^4}}. \quad (\text{Comp. p. 146.})$$

Les limites de s se trouvent comme dans le cas précédent et la relation

$$z^2 = \sqrt{1-s^4}$$

montre que, lorsque z se meut de 0 à $e^{\frac{7}{12}\pi i}$, z^2 de 0 à $e^{\frac{7}{6}\pi i}$, $\sqrt{1-s^4}$ prend le signe $(-)$.

Il s'ensuit

$$\begin{aligned} W_2 &= \int_1 \frac{e^{-\frac{4}{12}\pi i}}{\sqrt{1-s^4}} ds - \int_i \frac{e^{\frac{7}{12}\pi i}}{\sqrt{1-s^4}} ds = \int_1 \frac{e^{-\frac{4}{12}\pi i}}{\sqrt{1-s^4}} ds + \int_{-i} \frac{e^{-\frac{5}{12}\pi i}}{\sqrt{1-s^4}} ds = \\ &= \int_0^1 + \int_1^{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} + \int_0^{-i} + \int_{-i}^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} - \int_0^1 - \int_0^{-i} = \\ &= \int_0^{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} + \int_0^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} - K_2 + iK_1. \end{aligned}$$

L'application du théorème de l'addition aux deux premières intégrales donne

$$\int_0^{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} + \int_0^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} = \varepsilon' K_1,$$

ensorte que

$$W_2 = -K_2 + iK_2 + \varepsilon' K_1 = -(1-i)\frac{K_1}{\sqrt{2}} + \frac{1-i}{\sqrt{2}}K_1 = 0.$$

Enfin, quant à la somme

$$W_5 = \int_{\text{III}}^{\frac{7}{12}\pi i} dw_5 + \int_{\text{II}}^{\frac{4}{12}\pi i} dw_5,$$

on remarque d'abord que dans la 2^e nappe, le long de l'intervalle rectiligne de 0 à $e^{-\frac{4}{12}\pi i}$, le radical $\sqrt{1-z^4}$ affecte le signe (—). Par conséquent

$$W_3 = \int_0^{\frac{7}{12}\pi i} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} - \int_0^{\frac{4}{12}\pi i} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = \int_0^{\frac{7}{12}\pi i} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} + \int_0^{\frac{14}{12}\pi i} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}}.$$

Ensuite le théorème de l'addition fournit

$$\begin{aligned} W_3 &= \int_0^{-i'\infty} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = -\varepsilon' \int_0^{\infty} \frac{dt}{\sqrt{1+t^4}} = \\ &= -\varepsilon' K_1 = -\frac{1-i}{\sqrt{2}} \sqrt{2} K_3 = -(1-i)K_3. \end{aligned}$$

Les valeurs de W_1, W_2, W_3 relatives aux zéros de $\sqrt{g^0}$ une fois établies par le calcul direct qui vient d'être fait, les fig. 12^a ... 12^m permettent de reconnaître immédiatement l'exactitude des résultats suivants :

$$\begin{aligned} W_1 &= iK_1 \text{ pour les zéros de } \sqrt{g^0}, \sqrt{g}, \sqrt{\gamma^0_2}, \sqrt{\gamma_2} \\ &= -K_1 \text{ » » » » } \sqrt{g'}, \sqrt{g''}, \sqrt{\gamma'_3}, \sqrt{\gamma''_3} \\ &= -iK_1 \text{ » » » » } \sqrt{\gamma_1^0}, \sqrt{\gamma_1}, \sqrt{\gamma^0_3}, \sqrt{\gamma_3} \\ &= K_1 \text{ » » » » } \sqrt{\gamma'_1}, \sqrt{\gamma''_1}, \sqrt{\gamma'_2}, \sqrt{\gamma''_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_5 &= -(1-i)K_5 \text{ pour les zéros de } \sqrt{g^0}, \sqrt{g''}, \sqrt{\gamma^0_4}, \sqrt{\gamma''_4} \\ &= (1-i)K_5 \text{ » » » » } \sqrt{g}, \sqrt{g'}, \sqrt{\gamma_1}, \sqrt{\gamma'_1} \\ &= -(1+i)K_5 \text{ » » » » } \sqrt{\gamma^0_2}, \sqrt{\gamma'_2}, \sqrt{\gamma^0_3}, \sqrt{\gamma'_3} \\ &= (1+i)K_5 \text{ » » » » } \sqrt{\gamma_2}, \sqrt{\gamma''_2}, \sqrt{\gamma_3}, \sqrt{\gamma''_3} \end{aligned}$$

et $W_2 = 0$ pour les zéros de toutes ces 16 fonctions abéliennes.

Seules les intégrales relatives aux zéros des fonctions $V_{\xi_3}^{\overline{}}/V_{\xi_6}^{\overline{}}$, $V_{x_3}^{\overline{}}/V_{x_6}^{\overline{}}$ ne peuvent être traitées de cette manière sommaire. Elles ne présentent d'ailleurs aucune difficulté nouvelle.

Zéros de $V_{\xi_3}^{\overline{}}$.

Soit à déterminer

$$a) \quad \frac{1}{2} W_1 = \int_{\Pi_0}^{-\varepsilon' \infty} \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}}.$$

(On se souvient que les zéros de chacune des fonctions $V_{\xi_3}^{\overline{}}/V_{\xi_6}^{\overline{}}$, $V_{x_3}^{\overline{}}/V_{x_6}^{\overline{}}$ se confondent). Réduisant d'abord à la 1^{re} nappe, il vient

$$\frac{1}{2} W_1 = -i \int_0^{-\varepsilon' \infty} \frac{dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = i \varepsilon' \int_0^{\infty} \frac{dz}{\sqrt[4]{(1+z^4)^3}};$$

posant ensuite

$$z = \frac{\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}, \quad dz = \frac{d\zeta}{(1-\zeta^4)^{\frac{5}{4}}},$$

cette intégrale prend la forme

$$i \varepsilon' \int_0^1 \frac{d\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}},$$

ensorte que

$$\frac{1}{2} W_1 = i \varepsilon' K_3 = \varepsilon K_3 = \frac{1+i}{2} K_4.$$

$$b) \quad \frac{1}{2} W_2 = \int_{\Pi_0}^{-\varepsilon' \infty} \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = -i \int_0^{-\varepsilon' \infty} \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1-z^4)^3}} = - \int_0^{\infty} \frac{z dz}{\sqrt[4]{(1+z^4)^3}}$$

Substituant

$$z = \frac{\zeta}{\sqrt[4]{1-\zeta^4}}$$

on obtient
$$\frac{1}{2}W_2 = - \int_0^1 \frac{\xi d\xi}{\sqrt[4]{(1-\xi^4)^5}} = -K_2.$$

c)
$$\frac{1}{2}W_3 = \int_{\Pi'_0}^{\varepsilon'\infty} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = - \int_0^{\varepsilon'\infty} \frac{dz}{\sqrt{1-z^4}} = \varepsilon' \int_0^\infty \frac{dz}{\sqrt{1+z^4}} = \\ = \varepsilon' K_4 = (1-i)K_5.$$

D'une manière analogue, on trouve aisément :

Pour les zéros de $\sqrt{\xi_6}$:
$$\frac{1}{2}W_4 = \int_0^{\varepsilon\infty} dw_1 = -\frac{1-i}{2}K_4,$$

$$\frac{1}{2}W_2 = \int_0^{\varepsilon\infty} dw_2 = -K_2, \quad \frac{1}{2}W_3 = \int_0^{\varepsilon\infty} dw_3 = -(1+i)K_5.$$

Pour les zéros de $\sqrt{x_5}$:
$$\frac{1}{2}W_4 = \int_0^{\varepsilon'\infty} dw_1 = -\frac{1+i}{2}K_4,$$

$$\frac{1}{2}W_2 = \int_0^{\varepsilon'\infty} dw_2 = -K_2, \quad \frac{1}{2}W_3 = \int_0^{\varepsilon'\infty} dw_3 = -(1-i)K_5.$$

Pour les zéros de $\sqrt{x_6}$:
$$\frac{1}{2}W_4 = \int_0^{\varepsilon\infty} dw_1 = \frac{1-i}{2}K_4,$$

$$\frac{1}{2}W_2 = \int_0^{\varepsilon\infty} dw_2 = -K_2, \quad \frac{1}{2}W_3 = \int_0^{\varepsilon\infty} dw_3 = (1+i)K_5.$$

Valeur numérique de quelques intégrales normales.

A l'aide des formules

$$\left\{ \begin{array}{l} u_1 = \frac{\pi(2-i)}{20} \left[-2\frac{w_1}{K_4} + \frac{w_2}{K_2} + \frac{w_3}{K_5} \right], \\ u_2 = \frac{\pi(1-3i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_4} - i\frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2}\frac{w_3}{K_5} \right], \\ u_3 = \frac{\pi(3+i)}{20} \left[\frac{w_1}{K_4} - (1-i)\frac{w_2}{K_2} + \frac{1+i}{2}\frac{w_3}{K_5} \right] \end{array} \right.$$

(comp. p. 115) et du tableau p. 110 on construit sans difficulté le

tableau suivant, ne contenant que celles des intégrales dont il sera fait usage ultérieurement :

Nappes.	$\int_0^1 du_1^{(+)}$	$\int_0^1 du_2^{(+)}$	$\int_0^1 du_3^{(+)}$
I	0	$-\frac{\pi i}{4}$	$\frac{\pi i}{4}$
II	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$	$-\frac{\pi}{20}(4+3i)$
III	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(4+3i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
IV	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{3}{20}\pi(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
Nappes.	$\int_0^1 du_1^{(-)}$	$\int_0^1 du_2^{(-)}$	$\int_0^1 du_3^{(-)}$
I	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$	$-\frac{\pi}{20}(4+3i)$
II	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(4+3i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
III	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{3}{20}\pi(2-i)$	$\frac{\pi}{20}(2-i)$
IV	0	$-\frac{\pi i}{4}$	$\frac{\pi i}{4}$

Il n'est peut-être pas sans intérêt de réunir aussi dans un tableau les valeurs numériques des sommes U_h qui sont aux intégrales u_h ce qu'étaient les W_h aux intégrales w_h . Dans ce tableau, les intégrales qui se trouvent sur une ligne horizontale ont pour limites supérieures les zéros de la fonction abélienne placée en tête de cette même ligne. Par exemple dans la pre-

mière ligne U_h signifie $\int_0^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} du_h + \int_0^{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} du_h$, dans la deuxième

$$U_h = \int_0^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} du_h + \int_0^{e^{\frac{41}{12}\pi i}} du_h, \text{ etc.}$$

	U_1	U_2	U_3
$\sqrt{g^{\circ}}$	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi}{10}(2-i)$
$\sqrt{g}$	$-\frac{\pi i}{20}(7-i)$	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$
$\sqrt{g'}$	$\frac{\pi}{4}(1-i)$	0	0
$\sqrt{g''}$	$\frac{\pi}{20}(3+i)$	$\frac{\pi i}{10}(3+i)$	$-\frac{\pi}{10}(3+i)$
$\sqrt{\gamma^{\circ}_1}$	$\frac{\pi i}{20}(7-i)$	$-\frac{\pi}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi i}{10}(2-i)$
$\sqrt{\gamma_1}$	$\frac{\pi}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{10}(2-i)$
$\sqrt{\gamma'_1}$	$-\frac{\pi}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi i}{10}(3+i)$	$\frac{\pi}{10}(3+i)$
$\sqrt{\gamma''_1}$	$-\frac{\pi}{4}(1-i)$	0	0
$\sqrt{\gamma^{\circ}_2}$	$-\frac{\pi}{4}(1+i)$	0	0
$\sqrt{\gamma_2}$	$-\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{10}(3+i)$	$\frac{\pi i}{10}(3+i)$
$\sqrt{\gamma'_2}$	$-\frac{\pi}{20}(7-i)$	$-\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$\frac{\pi}{10}(2-i)$
$\sqrt{\gamma''_2}$	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$\frac{\pi}{10}(2-i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$
$\sqrt{\gamma^{\circ}_3}$	$\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi}{10}(3+i)$	$-\frac{\pi i}{10}(3+i)$
$\sqrt{\gamma_3}$	$\frac{\pi}{4}(1+i)$	0	0
$\sqrt{\gamma'_3}$	$-\frac{\pi i}{20}(3+i)$	$-\frac{\pi}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi i}{10}(2-i)$
$\sqrt{\gamma''_3}$	$\frac{\pi}{20}(7-i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi}{10}(2-i)$
$\sqrt{\xi_5}$	$-\frac{\pi}{10}(4+3i)$	$\frac{3}{10}\pi(2-i)$	$\frac{\pi}{10}(8+i)$
$\sqrt{\xi_6}$	$-\frac{\pi}{10}(4+3i)$	$\frac{\pi i}{10}(2-i)$	$-\frac{\pi i}{10}(4+3i)$
$\sqrt{x_5}$	$\frac{\pi i}{2}$	$\frac{\pi i}{2}$	$-\frac{\pi i}{2}$
$\sqrt{x_6}$	$\frac{\pi i}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$

Dans la théorie des fonctions abéliennes, on a rarement l'occasion de vérifier une formule générale par le calcul direct. Aussi la saisit-on volontiers, lorsque, comme c'est ici le cas, elle se présente tout naturellement. En effet, on est maintenant en état de vérifier la formule II, p. 114 de l'ouvrage de M. Weber, à savoir

$$\left(h \left(\int_{\alpha}^{\alpha'} du_h + \int_{\beta}^{\beta'} du_h \right) \right) = \left(\frac{1}{2} \omega_1, \frac{1}{2} \omega_2, \frac{1}{2} \omega_3 \right),$$

où α, β sont les zéros d'une fonction abélienne $\sqrt{x}$, α', β' les zéros d'une autre fonction abélienne $\sqrt{x'}$ et $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ un système de périodes à la caractéristique $(\omega) = (\sqrt{x}) + (\sqrt{x'})$.

Vérification pour $\sqrt{g^0} \sqrt{g}$.

Dans ce cas

$$(\omega) = (\sqrt{g^0}) + (\sqrt{g}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 110 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111 \\ 011 \end{pmatrix},$$

$$\frac{1}{2} \omega_1 = \frac{1}{2} a_{11} + \frac{1}{2} a_{12} + \frac{1}{2} a_{13} = -\frac{1}{5} \pi (2-i) -$$

$$-\frac{\pi i}{10} (3+i) + \frac{1}{10} \pi (3+i) = 0$$

$$\frac{1}{2} \omega_2 = \frac{1}{2} a_{21} + \frac{1}{2} a_{22} + \frac{1}{2} a_{23} + \frac{1}{2} \pi i = -\frac{1}{10} \pi i (3+i) -$$

$$-\frac{2}{10} \pi (2-i) - \frac{1}{10} \pi (2-i) + \frac{1}{2} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{1}{2} \pi i$$

$$\frac{1}{2} \omega_3 = \frac{1}{2} a_{31} + \frac{1}{2} a_{32} + \frac{1}{2} a_{33} + \frac{1}{2} \pi i = \frac{1}{10} \pi (3+i) -$$

$$-\frac{1}{10} \pi (2-i) - \frac{2}{10} \pi (3+i) + \frac{1}{2} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{1}{2} \pi i$$

et

$$V_h = \int_{III}^{\frac{11}{12} \pi i} e^{-\frac{5}{12} \pi i} du_h + \int_{II}^{\frac{11}{12} \pi i} e^{-\frac{1}{12} \pi i} du_h.$$

Or, il est à remarquer qu'il ne serait pas exact d'écrire

$$\int_{\text{III}} \frac{e^{-\frac{5}{12}\pi i}}{e^{\frac{7}{12}\pi i}} = \int_{\text{III } 0} e^{-\frac{5}{12}\pi i} - \int_{\text{III } 0} e^{\frac{7}{12}\pi i},$$

vu que les limites inférieures, 0, dans la surface de Riemann adoptée, ne coïncident pas, mais sont séparées par des lignes

de passage. Cette remarque s'applique également à $\int_{\text{II}} \frac{e^{\frac{14}{12}\pi i}}{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} du_h$ et,

en général, à toutes les intégrales de ce genre. Voici comment on peut procéder. On fera décrire à la variable z une ligne continue, partant de la limite inférieure $e^{\frac{7}{12}\pi i}$ dans la 3^{me} nappe et allant d'abord jusqu'à 0, puis de 0 à +1. Arrivé en +1, z contournera ce point un certain nombre de fois jusqu'à ce qu'il arrive dans la nappe voulue, ce qui est permis, attendu que les intégrales relatives à ces courbes infiniment petites sont négligeables. Ensuite z ira de +1 à 0 et enfin de 0 à la limite supérieure $e^{-\frac{5}{12}\pi i}$. De cette manière on obtient

$$\begin{aligned} V_1 &= \int_{\text{III } e^{\frac{7}{12}\pi i}}^0 du_1 + \int_{\text{IV } 0}^1 du_{1(-)} + \int_{\text{III } 1}^0 du_{1(+)} + \int_{\text{III } 0}^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} du_1 + \\ &+ \int_{\text{II } e^{-\frac{4}{12}\pi i}}^0 du_1 + \int_{\text{II } 0}^1 du_{1(+)} + \int_{\text{III } 1}^0 du_{1(-)} + \int_{\text{II } 0}^{e^{\frac{14}{12}\pi i}} du_1 = \\ &= \left[\int_{\text{III } 0}^{e^{-\frac{5}{12}\pi i}} du_1 + \int_{\text{II } 0}^{e^{\frac{14}{12}\pi i}} du_1 \right] - \left[\int_{\text{III } 0}^{e^{\frac{7}{12}\pi i}} du_1 + \int_{\text{II } 0}^{e^{-\frac{4}{12}\pi i}} du_1 \right] + \\ &+ \int_{\text{IV } 0}^1 du_{1(-)} - \int_{\text{III } 0}^1 du_{1(+)} + \int_{\text{II } 0}^1 du_{1(+)} - \int_{\text{III } 0}^1 du_{1(-)} = \\ &= -\frac{1}{20}\pi i(7-i) + \frac{1}{20}\pi(3+i) + 0 - \frac{1}{10}\pi(2-i) - \\ &- \frac{1}{20}\pi(3+i) - \frac{1}{20}\pi i(3+i) = -\frac{1}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i \end{aligned}$$

et de même

$$V_2 = \frac{3}{10}\pi - \frac{9}{10}\pi i, \quad V_5 = -\frac{1}{10}\pi + \frac{3}{10}\pi i.$$

Les valeurs trouvées peuvent s'écrire

$$V_1 = -\frac{1}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i,$$

$$V_2 = -\frac{1}{2}\pi + \frac{1}{2}\pi i + \frac{4}{5}\pi - \frac{7}{5}\pi i,$$

$$V_3 = -\frac{1}{2}\pi + \frac{1}{2}\pi i + \frac{2}{5}\pi - \frac{1}{5}\pi i.$$

La formule en question est vérifiée si dans les trois intégrales les expressions soulignées forment un système de périodes. On peut donc poser, en supprimant le facteur π

$$\begin{aligned} -\frac{1}{5} - \frac{2}{5}i &= m_1 i + \frac{1}{\pi} (aa_{11} + ba_{12} + ca_{13}) = \\ &= m_1 i - \frac{2}{5}(2-i)a - \frac{1}{5}i(3+i)b + \frac{1}{5}(3+i)c, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{4}{5} - \frac{7}{5}i &= m_2 i + \frac{1}{\pi} (aa_{21} + ba_{22} + ca_{23}) = \\ &= m_2 i - \frac{1}{5}i(3+i)a - \frac{2}{5}(2-i)b - \frac{1}{5}(2-i)c, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2}{5} - \frac{1}{5}i &= m_3 i + \frac{1}{\pi} (aa_{31} + ba_{32} + ca_{33}) = \\ &= m_3 i + \frac{1}{5}(3+i)a - \frac{1}{5}(2-i)b - \frac{2}{5}(3+i)c. \end{aligned}$$

Les nombres entiers a, b, c, m_1, m_2, m_3 doivent satisfaire aux six équations résultant de la séparation des parties réelles et imaginaires qui, après multiplication par 5, prennent la forme

$$\begin{array}{l|l} -1 = -4a + b + 3c & -2 = m_1 + 2a - 3b + c, \\ 4 = a - 4b - 2c & -7 = m_2 - 3a + 2b + c, \\ 2 = 3a - 2b - 6c & -1 = m_3 + a + b - 2c. \end{array}$$

On en tire

$$\begin{aligned} a &= 0, & b &= -1, & c &= 0, \\ m_1 &= -5, & m_2 &= -5, & m_3 &= 0. \end{aligned}$$

Vérification pour $\sqrt{g''} \sqrt{g'}$.

On trouve successivement

$$\begin{aligned} (\omega) &= (\sqrt{g''}) + (\sqrt{g'}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 011 \\ 001 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 111 \\ 100 \end{pmatrix}, \\ \frac{1}{2} \omega_1 &= \frac{1}{2} \pi i, & \frac{1}{2} \omega_2 &= -\frac{1}{2} \pi, & \frac{1}{2} \omega_3 &= -\frac{1}{2} \pi, \\ V_1 &= \int_{\text{II}}^{\text{IV}} e^{\frac{7}{12} \pi i} du_1 + \int_{\text{III}}^{\text{III}} e^{-\frac{4}{12} \pi i} du_1 = \left[\int_{\text{IV}}^{\text{IV}} e^{\frac{7}{12} \pi i} du_1 + \int_{\text{III}}^{\text{III}} e^{-\frac{4}{12} \pi i} du_1 \right] - \\ &\quad - \left[\int_{\text{II}}^{\text{II}} e^{-\frac{4}{12} \pi i} du_1 + \int_{\text{III}}^{\text{III}} e^{\frac{7}{12} \pi i} du_1 \right] + \int_{\text{IV}}^{\text{IV}} du_1^{(-)} - \int_{\text{III}}^{\text{III}} du_1^{(+)} = \\ &= \frac{1}{4} \pi (1 - i) + \frac{1}{20} \pi (3 + i) + 0 - \frac{1}{10} \pi (2 - i) = \frac{1}{5} \pi - \frac{1}{10} \pi i, \\ V_1 &= \frac{1}{5} \pi - \frac{1}{10} \pi i = \frac{1}{2} \pi i + \frac{1}{5} \pi - \frac{3}{5} \pi i, \\ V_2 &= -\frac{3}{10} \pi - \frac{3}{5} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{1}{5} \pi - \frac{3}{5} \pi i, \\ V_3 &= \frac{1}{10} \pi + \frac{1}{5} \pi i = -\frac{1}{2} \pi + \frac{3}{5} \pi + \frac{1}{5} \pi i, \\ 1 &= -4a + b + 3c \quad \left| \begin{array}{l} -3 = m_1 + 2a - 3b + c \\ -3 = m_2 - 3a + 2b + c \\ 1 = m_3 + a + b - 2c \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} a = -1 \\ b = 0 \\ c = -1 \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{l} m_1 = 0 \\ m_2 = -5 \\ m_3 = 0 \end{array} \right| \end{aligned}$$

Vérification pour $\sqrt{g^o} \sqrt{g^p}$.

Il vient

$$(\omega) = (\sqrt{g^o}) + (\sqrt{g^p}) = \begin{pmatrix} 100 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 111 \\ 001 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 011 \\ 100 \end{pmatrix},$$

$$\frac{1}{2}\omega_1 = \frac{2}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i, \quad \frac{1}{2}\omega_2 = -\frac{3}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i,$$

$$\frac{1}{2}\omega_3 = -\frac{4}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i,$$

$$\begin{aligned} V_1 = & \int_{\text{III}}^{\text{III}} e^{\frac{11}{12}\pi i} du_1 + \int_{\text{II}}^{\text{IV}} e^{-\frac{5}{12}\pi i} du_1 = \left[\int_{\text{III}}^{\text{III}} e^{\frac{11}{12}\pi i} du_1 + \int_{\text{IV}}^{\text{IV}} e^{-\frac{5}{12}\pi i} du_1 \right] - \\ & - \left[\int_{\text{III}}^{\text{III}} e^{\frac{7}{12}\pi i} du_1 + \int_{\text{II}}^{\text{II}} e^{-\frac{4}{12}\pi i} du_1 \right] + \int_{\text{II}}^{\text{I}} du_1^{(+)} - \int_{\text{IV}}^{\text{I}} du_1^{(+)} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} = & \frac{1}{20}\pi(3+i) + \frac{1}{20}\pi(3+i) - \frac{1}{20}\pi(3+i) - \frac{1}{20}\pi i(3+i) = \\ = & \frac{1}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i, \end{aligned}$$

$$V_1 = \frac{1}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i = \frac{2}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i - \frac{1}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i,$$

$$V_2 = \frac{1}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i = -\frac{3}{5}\pi + \frac{3}{10}\pi i + \frac{4}{5}\pi - \frac{2}{5}\pi i,$$

$$V_3 = -\frac{2}{5}\pi - \frac{3}{10}\pi i = -\frac{4}{5}\pi - \frac{1}{10}\pi i + \frac{2}{5}\pi - \frac{1}{5}\pi i,$$

$$\begin{array}{l|l|l} -1 = -4a + b + 3c & -2 = m_1 + 2a - 3b + c & a = 0 \mid m_1 = -5 \\ 4 = a - 4b - 2c & -2 = m_2 - 3a + 2b + c & b = -1 \mid m_2 = 0 \\ 2 = 3a - 2b - 6c & -1 = m_3 + a + b - 2c & c = 0 \mid m_3 = 0 \end{array}$$

Si $\sqrt{x_1}, \sqrt{\xi_1}; \sqrt{x_2}, \sqrt{\xi_2}$ sont deux couples de fonctions abéliennes appartenant au même groupe, c'est-à-dire satisfaisant à la condition

$$(\sqrt{x_1 \xi_1}) = (\sqrt{x_2 \xi_2}),$$

une fonction de la forme

$$\sqrt{\Psi} = a_1 \sqrt{x_1 \xi_1} + a_2 \sqrt{x_2 \xi_2},$$

où a_1 et a_2 désignent des constantes, a été appelée par M. W. (p. 114) une *fonction-racine* (*Wurzelfunction*) du 2^d degré et du 2^d ordre. Sa caractéristique est $(\sqrt{\Psi}) = (\sqrt{x_1 \xi_1})$ et elle possède quatre zéros du premier ordre dont un est arbitraire. Les constantes a_1, a_2 peuvent être déterminées de manière que $\sqrt{\Psi}$ s'annule en un des zéros α, β d'une fonction abélienne $\sqrt{q}$, par exemple en α . M. Weber démontre (p. 116 et suiv.) qu'alors les trois autres zéros c_1, c_2, c_3 de cette fonction $\sqrt{\Psi}$ sont en même temps les zéros de la fonction $\mathcal{P}_{(\omega)} (\int_{\alpha}^{\zeta} du_h)$, à la condition toutefois que $(\omega) = (\sqrt{\Psi}) + (\sqrt{q})$. Lorsque (ω) est une caractéristique impaire, $\sqrt{\Psi}$ dégénère en un produit de deux fonctions abéliennes aux caractéristiques $(\sqrt{q})$ et $(\sqrt{\Psi}) + (\sqrt{q})$. Il s'ensuit, conformément à ce qui a été dit précédemment, qu'une fonction $\mathcal{P}_{(\omega)} (\int_{\alpha}^{\zeta} du_h)$ impaire s'annule pour $\zeta = \alpha$ et en outre pour les zéros de la fonction abélienne qui porte la même caractéristique.

Détermination de $c^{\circ}_1, c^{\circ}_2, c^{\circ}_3$.

Parmi les 36 systèmes de points c_1, c_2, c_3 , répondant aux 36 caractéristiques paires, il en est un qui mérite une attention spéciale. C'est celui qui représente les zéros du $\mathcal{P}$ fondamental $\mathcal{P} (\int_{\alpha}^{\zeta} du_h)$. Il correspond à $(\omega) = \begin{pmatrix} 000 \\ 000 \end{pmatrix}$, soit $(\sqrt{\Psi}) = (\sqrt{q})$ et sera désigné par $c^{\circ}_1, c^{\circ}_2, c^{\circ}_3$. On peut le trouver de la manière suivante :

On choisira pour $\sqrt{q}$ la fonction $\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}$, en sorte que les intégrales qui entrent comme arguments dans les fonctions $\mathcal{P}$ ont toutes pour limite inférieure le point $z=0, s=1$. Ensuite on établira le groupe

$$\begin{aligned} (\sqrt{q}) = (\sqrt{x_1}) &= \frac{(100)}{(100)} = \frac{(010)}{(110)} + \frac{(110)}{(010)} = \frac{(010)}{(111)} + \frac{(110)}{(011)} = \frac{(001)}{(101)} + \frac{(101)}{(001)} = \\ &= \frac{(001)}{(111)} + \frac{(101)}{(011)} = \frac{(111)}{(010)} + \frac{(011)}{(110)} = \frac{(111)}{(001)} + \frac{(011)}{(101)} \\ &= \frac{\gamma^0_1}{\gamma^0_2} + \frac{\gamma^0_2}{\gamma^0_3} = \frac{\gamma^0_1}{\gamma^0_2} + \frac{\gamma^0_2}{\gamma^0_3} = \frac{\gamma^0_1}{\gamma^0_2} + \frac{\gamma^0_2}{\gamma^0_3} \end{aligned}$$

On peut alors poser

$$\sqrt{\Psi} = \sqrt{x_5 x_3} + a \sqrt{\xi_5 \xi_3}$$

à la condition que l'équation

$$\sqrt{x_5 \xi_5} + \sqrt{x_3 \xi_3} + \sqrt{x_1 \xi_1} = 0$$

soit identique, à un facteur constant près, à $s^4 + z^4 - 1 = 0$.

Or, on voit aisément qu'à cet effet il suffit d'admettre

$$\begin{aligned} x_1 &= s-1, & x_3 &= z-i, & x_5 &= s-\varepsilon'z, \\ \xi_1 &= -\varepsilon'(s+1), & \xi_3 &= \varepsilon(z+i), & \xi_5 &= \varepsilon(s+\varepsilon'z) \end{aligned}$$

et en conséquence

$$\sqrt{\Psi} = \sqrt{(z-i)(s-\varepsilon'z)} + a \sqrt{i(z+i)(s+\varepsilon'z)}.$$

Afin de pouvoir utiliser directement les formules finales de M. W. (p. 118 et 119), à savoir :

$$(1) \quad x_1 - \lambda \xi_2 = 0, \quad x_2 - \lambda \xi_1 = 0, \quad \xi_3 = 0$$

$$(2) \quad \begin{cases} x_1 x_2 = \lambda''^2 \xi_1 \xi_2 \\ 2 \lambda'' \xi_1 \xi_2 = x_1 \xi_1 + x_2 \xi_2 - x_3 \xi_3 \end{cases}$$

on remplacera

$$\text{par} \quad \frac{x_1, \quad x_2, \quad \xi_1, \quad \xi_2, \quad x_3, \quad \xi_3}{x_3, \quad x_3, \quad \xi_3, \quad \xi_3, \quad \xi_1, \quad x_1}.$$

Par là, ces équations prennent la forme

$$(1^a) \quad \begin{cases} x_5 - \lambda \xi_5 = z-i - \lambda \varepsilon(s+\varepsilon'z) = 0 \\ x_3 - \lambda \xi_3 = s - \varepsilon'z - \lambda \varepsilon(z+i) = 0 \\ x_1 = s-1 = 0 \end{cases}$$

$$(2^a) \quad \begin{cases} x_3 x_5 = \lambda''^2 \xi_3 \xi_5 \\ 2 \lambda'' \xi_3 \xi_5 = x_3 \xi_3 + x_5 \xi_5 - x_1 \xi_1. \end{cases}$$

Les équations (1^a) déterminent les deux valeurs de λ , λ' et λ'' qui correspondent aux zéros de $\sqrt{x_1}$. Mais dans le cas actuel ces deux valeurs sont égales; par conséquent l'élimination de s et z entre ces trois équations devient superflue. En effet, en faisant $z = 0$, $s = 1$ dans l'équation

$$z - i - \lambda \varepsilon (s + \varepsilon' z) = 0,$$

on en tire

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = -\frac{i}{\varepsilon} = -\varepsilon.$$

La valeur de λ'' introduite dans (2^a), ces équations deviennent

$$(3) \quad z(s + \varepsilon) = 0,$$

$$(4) \quad \sqrt{2}s^2 - 2\varepsilon' sz + i\sqrt{2}(\sqrt{2} + 1)z^2 - 2\varepsilon s - 2z + i\sqrt{2} = 0.$$

Géométriquement, l'équation (3) représente deux lignes droites et l'équation (4) une conique. Les coordonnées de leurs points d'intersection sont les valeurs cherchées. En rejetant la solution $z = 0$, $s = 1$, on trouve aisément

$$c_{\circ_1}^{\circ} : z = i\sqrt[4]{2}, s = -\varepsilon, \text{ nappe III,}$$

$$c_{\circ_2}^{\circ} : z = -i\sqrt[4]{2}, s = -\varepsilon, \quad \text{» IV,}$$

$$c_{\circ_3}^{\circ} : z = 0, \quad s = i, \quad \text{» II.}$$

Détermination de quelques autres systèmes c_1, c_2, c_3 .

Il ne peut pas être question ici de déterminer tous les 36 systèmes de points c_1, c_2, c_3 . Quelques exemples suffiront, et on donnera la préférence à ceux qui n'exigent pas des calculs trop compliqués. D'ailleurs, le procédé employé étant toujours le même, les calculs suivants peuvent se passer de commentaire.

$$\mathcal{P}_{\left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 000 \end{smallmatrix}\right)} \left(\int_0^{\varepsilon} du_n \right).$$

Dans ce cas

$$(\omega) = \left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 000 \end{smallmatrix}\right), (\sqrt{q}) = \left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 100 \end{smallmatrix}\right), (\sqrt{\Psi}) = (\omega) + (\sqrt{q}) = \left(\begin{smallmatrix} 000 \\ 100 \end{smallmatrix}\right).$$

Le groupe

$$\begin{aligned} \left(\begin{smallmatrix} 000 \\ 100 \end{smallmatrix}\right) &= \frac{\left(\begin{smallmatrix} 010 \\ 010 \end{smallmatrix}\right)}{\xi_6} + \frac{\left(\begin{smallmatrix} 010 \\ 110 \end{smallmatrix}\right)}{\xi_5} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} 010 \\ 011 \end{smallmatrix}\right)}{\gamma''_4} + \frac{\left(\begin{smallmatrix} 010 \\ 111 \end{smallmatrix}\right)}{\gamma^0_2} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} 001 \\ 001 \end{smallmatrix}\right)}{x_6} + \frac{\left(\begin{smallmatrix} 001 \\ 101 \end{smallmatrix}\right)}{x_5} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} 001 \\ 011 \end{smallmatrix}\right)}{\gamma''_2} + \\ &+ \frac{\left(\begin{smallmatrix} 001 \\ 111 \end{smallmatrix}\right)}{\gamma^0_4} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} 011 \\ 010 \end{smallmatrix}\right)}{\gamma'_5} + \frac{\left(\begin{smallmatrix} 011 \\ 110 \end{smallmatrix}\right)}{g} = \frac{\left(\begin{smallmatrix} 011 \\ 001 \end{smallmatrix}\right)}{g'} + \frac{\left(\begin{smallmatrix} 011 \\ 101 \end{smallmatrix}\right)}{\gamma_5} \end{aligned}$$

permet de poser

$$\sqrt{\Psi} = \sqrt{x_3 x_6} + a \sqrt{\xi_3 \xi_6},$$

$$\sqrt{x_3 \xi_3} + \sqrt{x_6 \xi_6} + \sqrt{x_4 \xi_1} = 0,$$

où

$$\begin{aligned} x_3 &= z - i, & x_6 &= s + \varepsilon z, & x_4 &= s - 1, \\ \xi_3 &= \varepsilon'(z + i), & \xi_6 &= \varepsilon'(s - \varepsilon z), & \xi_4 &= -\varepsilon(s + 1). \end{aligned}$$

Les trois équations de M. W.

$$x_4 - \lambda \xi_2 = 0, \quad \begin{cases} x_1 x_2 = \lambda''^2 \xi_1 \xi_2, \\ 2\lambda'' \xi_1 \xi_2 = x_1 \xi_1 + x_2 \xi_2 - x_3 \xi_3 \end{cases}$$

deviennent

$$x_3 - \lambda \xi_6 = z - i - \lambda \varepsilon'(s - \varepsilon z) = 0,$$

$$x_5 x_6 = \lambda''^2 \xi_5 \xi_6,$$

$$2\lambda'' \xi_3 \xi_6 = x_5 \xi_5 + x_6 \xi_6 - x_1 \xi_1.$$

De la première on tire pour $z=0, s=1$ la valeur

$$\lambda' = \lambda'' = a = \varepsilon'$$

et les deux autres, après simplification, prennent la forme

$$z(s + \varepsilon') = 0,$$

$$(1+i)s^2 + 2is z + (1-i+2\varepsilon')z^2 - 2s + 2\varepsilon z + 1-i = 0.$$

En les résolvant on obtient

$$c_1 : z = 0, \quad s = -i, \quad \text{nappe IV,}$$

$$c_2 : z = i\sqrt[4]{2}, \quad s = -\varepsilon', \quad \text{» I,}$$

$$c_3 : z = -i\sqrt[4]{2}, \quad s = -\varepsilon', \quad \text{» III.}$$

$$\mathcal{P}_{\binom{010}{101}} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

Dans ce cas

$$(\sqrt{\overline{\Psi}}) = (\sqrt{q}) + (\omega) = \binom{100}{100} + \binom{010}{101} = \binom{110}{001},$$

$$\sqrt{\overline{\Psi}} = \sqrt{x_2 x_5} + a \sqrt{\xi_2 \xi_5},$$

$$\sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_5 \xi_5} + \sqrt{x_4 \xi_4} = 0,$$

$$x_4 = s - 1, \quad x_2 = \frac{1}{2}(z + 1), \quad x_5 = -\frac{1}{2}(z - i),$$

$$\xi_4 = s + 1, \quad \xi_2 = z - 1, \quad \xi_5 = z + i.$$

L'équation

$$x_2 - \lambda \xi_5 = \frac{1}{2}(z + 1) - \lambda(z + i) = 0$$

donne pour $z = 0$,

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = -\frac{1}{2}i$$

et des équations

$$0 \cdot z^2 + 2(1 - i)z = 0$$

$$s^2 - iz^2 + (1 + i)z - 1 = 0$$

on tire

$$c_1 : z = 0, \quad s = -1, \quad \text{nappe III},$$

$$c_2 : z = \infty, \quad \frac{s}{z} = \varepsilon, \quad \text{» I},$$

$$c_3 : z = \infty, \quad \frac{s}{z} = -\varepsilon, \quad \text{» III}.$$

$$\mathcal{P}_{\binom{011}{111}} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

$$\text{Ici } (\sqrt{\overline{\Psi}}) = (\sqrt{q}) + (\omega) = \binom{100}{100} + \binom{011}{111} = \binom{111}{011},$$

$$\sqrt{\overline{\Psi}} = \sqrt{x_3 \xi_6} + a \sqrt{x_6 \xi_5},$$

$$\sqrt{x_5 \xi_5} + \sqrt{x_6 \xi_6} + \sqrt{x_4 \xi_4} = 0,$$

$$x_5 = s - \varepsilon' z, \quad x_6 = s + \varepsilon z, \quad x_4 = s - 1,$$

$$\xi_5 = \frac{1}{2}i(s + \varepsilon' z), \quad \xi_6 = \frac{1}{2}i(s - \varepsilon z), \quad \xi_4 = i(s + 1).$$

L'équation

$$x_5 - \lambda x_6 = s - \varepsilon' z - \lambda(s + \varepsilon z) = 0$$

fournit pour $z = 0$, $s = 1$ la valeur

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = 1$$

et les deux équations

$$sz = 0,$$

$$s^2 + \sqrt{2}sz + z^2 - 1 = 0,$$

donnent

$$c_1 : z = 0, \quad s = -1, \quad \text{nappe III,}$$

$$\left. \begin{array}{l} c_2 : z = 1, \quad s = 0 \\ c_3 : z = -1, \quad s = 0 \end{array} \right\} \text{ toutes les quatre nappes.}$$

$$\mathcal{P}_{\left(\begin{smallmatrix} 101 \\ 101 \end{smallmatrix} \right)} \left(\int_0^1 du_h \right).$$

Dans ce cas on a

$$(\sqrt{\overline{\Psi}}) = (\sqrt{\overline{q}}) + (\omega) = \left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 100 \end{smallmatrix} \right) + \left(\begin{smallmatrix} 101 \\ 101 \end{smallmatrix} \right) = \left(\begin{smallmatrix} 001 \\ 001 \end{smallmatrix} \right),$$

$$\sqrt{\overline{\Psi}} = \sqrt{x_h \xi_2} + a \sqrt{x_2 \xi_h},$$

$$\sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_h \xi_h} + \sqrt{x_1 \xi_4} = 0,$$

$$x_2 = z + 1, \quad x_h = s + i, \quad x_4 = s - 1,$$

$$\xi_2 = z - 1, \quad \xi_h = -\frac{1}{2}(s - i), \quad \xi_4 = \frac{1}{2}(s + 1).$$

De l'équation

$$x_h - \lambda x_2 = s + i - \lambda(z + 1) = 0$$

il suit pour $z = 0$, $s = 1$:

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = 1 + i.$$

Les deux coniques deviennent

$$sz + is + z - i = 0,$$

$$s^2 - (1 + i)sz - z^2 - (1 + i)s - (1 - i)z + i = 0.$$

Elles se coupent au point $z=0$, $s=1$ et en outre dans les trois points

$$\begin{aligned} c_1 : z &= i, & s &= 0 \text{ dans les 4 nappes,} \\ c_2 : z &= \frac{-i + \sqrt{7}}{2}, & s &= \frac{-1 + i\sqrt{7}}{2}, \text{ nappe II,} \\ c_3 : z &= \frac{-i - \sqrt{7}}{2}, & s &= \frac{-1 - i\sqrt{7}}{2} \quad \text{» I.} \end{aligned}$$

$$\frac{\mathcal{P}_{\left(\begin{smallmatrix} 001 \\ 110 \end{smallmatrix}\right)} \left(\int_0^1 du_h \right)}{}$$

Ici $(\sqrt{\Psi}) = (\sqrt{q}) + (\omega) = \left(\begin{smallmatrix} 100 \\ 100 \end{smallmatrix}\right) + \left(\begin{smallmatrix} 001 \\ 110 \end{smallmatrix}\right) = \left(\begin{smallmatrix} 101 \\ 010 \end{smallmatrix}\right),$

$$\begin{aligned} \sqrt{\Psi} &= \sqrt{x_2 \xi_3} + a \sqrt{x_3 \xi_2}, \\ \sqrt{x_2 \xi_2} + \sqrt{x_3 \xi_3} + \sqrt{x_1 \xi_1} &= 0, \\ x_2 &= z + 1, & x_3 &= z - i, & x_1 &= s - 1, \\ \xi_2 &= \frac{1}{2}(z - 1), & \xi_3 &= -\frac{1}{2}(z + i), & \xi_1 &= s + 1. \end{aligned}$$

De l'équation

$$x_2 - \lambda x_3 = z + 1 - \lambda(z - i) = 0$$

on tire pour $z=0$

$$\lambda = \lambda' = \lambda'' = a = i$$

et les coniques

$$\begin{aligned} 0 \cdot z^2 + 2(1+i)z &= 0, \\ s^2 + iz^2 + (1-i)z - 1 &= 0 \end{aligned}$$

se coupent bien en $z=0$, $s=1$ et de plus en

$$\begin{aligned} c_1 : z &= 0, & s &= -1, \text{ nappe III,} \\ c_2 : z &= \infty, & \frac{s}{z} &= \varepsilon', \quad \text{» IV,} \\ c_3 : z &= \infty, & \frac{s}{z} &= -\varepsilon', \quad \text{» II.} \end{aligned}$$

Le problème de Riemann.

Au sujet de ce problème fondamental, M. Weber (p. 159 à 168), indique dans tous leurs détails les calculs nécessaires. En les suivant pas à pas, on arrivera sans difficulté aux résultats désirés. Au lieu d'une traduction à peu près littérale de cette partie de l'ouvrage de M. W., il sera plus utile de donner ici une application des formules trouvées à des cas particuliers en n'insistant que sur le commencement de la solution.

I. Les deux caractéristiques (k) et (k') sont paires.

Soit par exemple

$$(k) = \binom{010}{100}, \quad k' = \binom{001}{100}, \quad (k) + (k') = (\sqrt{x_1}) + (\sqrt{x_2}).$$

En formant les deux groupes

$$\begin{aligned} (k) + (k') &= \binom{011}{000} = \frac{\binom{100}{100}}{x_1} + \frac{\binom{111}{100}}{x_2} = \frac{\binom{100}{111}}{\xi_2} + \frac{\binom{111}{111}}{\xi_1} = \frac{\binom{010}{011}}{\gamma''_1} + \frac{\binom{001}{011}}{\gamma''_2} = \\ &= \frac{\binom{010}{111}}{\gamma^o_2} + \frac{\binom{001}{111}}{\gamma^o_1} = \frac{\binom{101}{100}}{\gamma_2} + \frac{\binom{110}{100}}{\gamma_1} = \frac{\binom{101}{011}}{\gamma'_2} + \frac{\binom{110}{011}}{\gamma'_1}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (k) + (\sqrt{x_1}) &= \binom{110}{000} = \frac{\binom{100}{110}}{\gamma^o_3} + \frac{\binom{010}{110}}{\xi_2} = \frac{\binom{100}{111}}{\xi_2} + \frac{\binom{010}{111}}{\gamma^o_2} = \frac{\binom{001}{001}}{x_6} + \frac{\binom{111}{001}}{g''} = \\ &= \frac{\binom{001}{111}}{\gamma^o_1} + \frac{\binom{111}{111}}{\xi_1} = \frac{\binom{011}{001}}{g'} + \frac{\binom{101}{001}}{x_5} = \frac{\binom{011}{110}}{g} + \frac{\binom{101}{110}}{x_4} \end{aligned}$$

on remarque qu'ils possèdent les 4 caractéristiques communes

$$(\sqrt{y_1}) = (\sqrt{\xi_1}) = \binom{111}{111}, \quad (\sqrt{y_2}) = (\sqrt{\xi_2}) = \binom{100}{111},$$

$$(\sqrt{z_1}) = (\sqrt{\gamma^o_1}) = \binom{001}{111}, \quad (\sqrt{z_2}) = (\sqrt{\gamma^o_2}) = \binom{010}{111}.$$

Posant, en conséquence,

$$\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}, \quad \sqrt{x_2} = \sqrt{z+1}, \quad \sqrt{y_1} = \sqrt{s+1},$$

$$\sqrt{y_2} = \sqrt{z-1}, \quad \sqrt{z_1} = \sqrt{s-z+\varepsilon}, \quad \sqrt{z_2} = \sqrt{s-z+\varepsilon'},$$

on trouve aisément la formule

$$\sqrt{\frac{\chi_{(100)}^{(010)}}{\chi_{(100)}^{(001)}}} = \frac{\mathcal{P}_{(100)}^{(001)}}{\mathcal{P}_{(100)}^{(010)}} \cdot \frac{\mathcal{P}_{(100)}^{(010)}(v_1, v_2, v_3)}{\mathcal{P}_{(100)}^{(001)}(v_1, v_2, v_3)} = \sqrt{-1} \cdot \frac{\mathcal{P}_{(100)}^{(010)}(v_1, v_2, v_3)}{\mathcal{P}_{(100)}^{(001)}(v_1, v_2, v_3)}$$

Désignant par $x_i^{(\nu)}$, $y_i^{(\nu)}$, $z_i^{(\nu)}$ les valeurs que prennent les fonctions x_i , y_i , z_i pour $\zeta = \zeta_\nu$, soit $s = s_\nu$, $z = z_\nu$, on a ici

$$\begin{aligned} & \sqrt{\chi_{(100)}^{(010)}} = \\ & = \Sigma \pm \sqrt{x_1 y_1 z_1}, \sqrt{x_1^{(1)} y_2^{(1)} z_2^{(1)}}, \sqrt{x_2^{(2)} y_1^{(2)} z_2^{(2)}}, \sqrt{x_2^{(3)} y_2^{(3)} z_1^{(3)}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \sqrt{\chi_{(100)}^{(001)}} = \\ & = \Sigma \pm \sqrt{x_2 y_2 z_2}, \sqrt{x_2^{(1)} y_1^{(1)} z_1^{(1)}}, \sqrt{x_1^{(2)} y_2^{(2)} z_1^{(2)}}, \sqrt{x_1^{(3)} y_1^{(3)} z_2^{(3)}}, \end{aligned}$$

et les arguments v_1 , v_2 , v_3 sont déterminés par la congruence

$$(v_1, v_2, v_3) \equiv (h \left(\int_{\alpha}^{\gamma_1} du_h + \int_{\beta}^{\gamma_2} du_h + \int_{\alpha}^{\gamma_3} du_h + \int_{\beta}^{\gamma_4} du_h \right)),$$

où α et β signifient les zéros d'une fonction abélienne quelconque.

II. Les caractéristiques (k) et (k') sont impaires.

Soit

$$(k) = (\sqrt{z_1}) = (\sqrt{\gamma_1^o}) = \binom{001}{111}, \quad (k') = (\sqrt{z_2}) = (\sqrt{\gamma_2^o}) = \binom{010}{111}.$$

Alors on a

$$(\sqrt{x_1 x_2}) = (\sqrt{y_1 y_2}) = (\sqrt{z_1 z_2}) = (k) + (k') = \binom{011}{000}$$

et les caractéristiques

$$(\sqrt{x_1 y_1 z_1}) = (k) + (\sqrt{x_1 y_1}) = (k_1) = \binom{001}{111} + \binom{100}{100} + \binom{111}{111} = \binom{010}{100},$$

$$(\sqrt{x_1 y_1 z_2}) = (k') + (\sqrt{x_1 y_1}) = (k'_1) = \binom{010}{111} + \binom{100}{100} + \binom{111}{111} = \binom{001}{100},$$

sont paires. En admettant encore, comme dans le cas précédent,

$$\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}, \quad \sqrt{x_2} = \sqrt{z+1}, \quad \sqrt{y_1} = \sqrt{\xi_1} = \sqrt{s+1},$$

$$\sqrt{y_2} = \sqrt{\xi_2} = \sqrt{z-1}, \quad \sqrt{z_1} = \sqrt{\gamma_1^o} = \sqrt{s-z+\varepsilon},$$

$$\sqrt{z_2} = \sqrt{\gamma_2^o} = \sqrt{s-z+\varepsilon'},$$

on arrive à la formule

$$\sqrt{-\frac{\chi_{(111)}^{(001)}}{\chi_{(111)}^{(010)}}} = -\frac{\mathfrak{P}_{(100)}^{(001)}}{\mathfrak{P}_{(100)}^{(010)}} \cdot \frac{\mathfrak{P}_{(111)}^{(001)}(v_1 v_2 v_3)}{\mathfrak{P}_{(111)}^{(010)}(v_1 v_2 v_3)},$$

dans laquelle

$$\sqrt{\chi_{(111)}^{(001)}} = \Sigma \pm x_1 \sqrt{z_1}, \quad y_1^{(1)} \sqrt{z_1^{(1)}}, \quad \sqrt{x_1^{(2)} x_2^{(2)} z_2^{(2)}}, \quad \sqrt{y_1^{(3)} y_2^{(3)} z_2^{(3)}},$$

$$\sqrt{\chi_{(111)}^{(010)}} = \Sigma \pm x_1 \sqrt{z_2}, \quad y_1^{(1)} \sqrt{z_2^{(1)}}, \quad \sqrt{x_1^{(2)} x_2^{(2)} z_1^{(2)}}, \quad \sqrt{y_1^{(3)} y_2^{(3)} z_1^{(3)}}.$$

Les variables v_1, v_2, v_3 conservent toujours la même signification.

III. La caractéristique (k) est impaire, (k') paire.

$$\text{Soit} \quad (k) = (\sqrt{x}) = \binom{001}{101}, \quad (k') = \binom{010}{101}.$$

Les deux groupes

$$(\sqrt{x_1 x_2}) = \binom{011}{000} = \frac{\binom{100}{100}}{x_1} + \frac{\binom{111}{100}}{x_2} = \frac{\binom{100}{100}}{\xi_2} + \frac{\binom{111}{100}}{\xi_1} = \frac{\binom{010}{011}}{\gamma''_1} + \frac{\binom{001}{011}}{\gamma''_2} =$$

$$= \frac{\binom{010}{111}}{\gamma'^0_2} + \frac{\binom{001}{111}}{\gamma'^0_1} = \frac{\binom{101}{100}}{\gamma_2} + \frac{\binom{110}{100}}{\gamma_1} = \frac{\binom{101}{011}}{\gamma'_2} + \frac{\binom{110}{011}}{\gamma'_1},$$

$$(\sqrt{x_1 y_1}) = \binom{011}{011} = \frac{\binom{100}{100}}{x_1} + \frac{\binom{111}{111}}{\xi_1} = \frac{\binom{100}{111}}{\xi_2} + \frac{\binom{111}{100}}{x_2} = \frac{\binom{010}{010}}{\xi_6} + \frac{\binom{001}{001}}{x_6} =$$

$$= \frac{\binom{010}{110}}{\xi_3} + \frac{\binom{001}{101}}{x_3} = \frac{\binom{101}{001}}{x_3} + \frac{\binom{110}{010}}{\xi_5} = \frac{\binom{101}{110}}{x_4} + \frac{\binom{110}{101}}{\xi_4}$$

font reconnaître qu'on peut poser

$$\sqrt{x_1} = \sqrt{s-1}, \quad \sqrt{x_2} = \sqrt{z+1}, \quad \sqrt{y_1} = \sqrt{\xi_1} = \sqrt{s+1}.$$

$$\sqrt{y_2} = \sqrt{\xi_2} = \sqrt{z-1}, \quad \sqrt{z_1} = \sqrt{\gamma'^0_1} = \sqrt{s-z+\varepsilon},$$

$$\sqrt{x} = \sqrt{x_3} = \sqrt{z-i}, \quad \sqrt{y} = \sqrt{\xi_3} = \sqrt{z+i}$$

et qu'alors les deux caractéristiques

$$(k_1) = (\sqrt{xyz_1}) = \begin{pmatrix} 001 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 010 \\ 110 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 010 \\ 100 \end{pmatrix},$$

$$(k'_1) = (k') + (\sqrt{yz_1}) = \begin{pmatrix} 010 \\ 101 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 010 \\ 110 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 001 \\ 111 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 001 \\ 100 \end{pmatrix}$$

sont paires. En introduisant ces fonctions et caractéristiques dans les formules générales, il vient

$$\mp (1+i) \sqrt{\frac{\chi_{\begin{pmatrix} 001 \\ 101 \end{pmatrix}}}{\chi_{\begin{pmatrix} 010 \\ 101 \end{pmatrix}}}} = \frac{\mathfrak{P}_{\begin{pmatrix} 001 \\ 100 \end{pmatrix}}}{\mathfrak{P}_{\begin{pmatrix} 010 \\ 100 \end{pmatrix}}} \cdot \frac{\mathfrak{P}_{\begin{pmatrix} 001 \\ 101 \end{pmatrix}}(v_1, v_2, v_5)}{\mathfrak{P}_{\begin{pmatrix} 010 \\ 101 \end{pmatrix}}(v_1, v_2, v_5)},$$

où

$$\sqrt{\chi_{\begin{pmatrix} 001 \\ 101 \end{pmatrix}}} = \Sigma \pm x \sqrt{x}, z_1^{(1)} \sqrt{x^{(1)}}, \sqrt{y^{(2)} x_1^{(2)} y_1^{(2)}}, \sqrt{y^{(3)} x_2^{(3)} y_2^{(3)}},$$

$$\sqrt{\chi_{\begin{pmatrix} 010 \\ 101 \end{pmatrix}}} = \Sigma \pm \sqrt{xx_1 x_2}, \sqrt{x^{(1)} y_1^{(1)} y_2^{(1)}}, \sqrt{y^{(2)} x_1^{(2)} y_2^{(2)}}, \sqrt{y^{(3)} x_2^{(3)} y_1^{(3)}}.$$

Il serait inutile d'insister encore sur le problème de Jacobi, attendu qu'à l'aide de ce qui vient d'être dit, le lecteur suivra facilement jusqu'au bout l'ouvrage si souvent cité. Notre travail peut donc s'arrêter ici, d'autant plus que les deux problèmes de Jacobi et de Riemann seront repris, dans un second mémoire, à un point de vue tout différent et spécialement approprié au cas particulier qui a fait l'objet de cette étude.

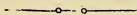


Fig. 1.

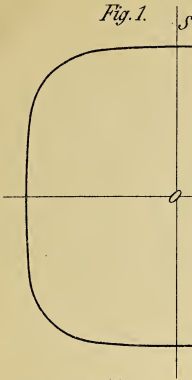


Fig. 6.

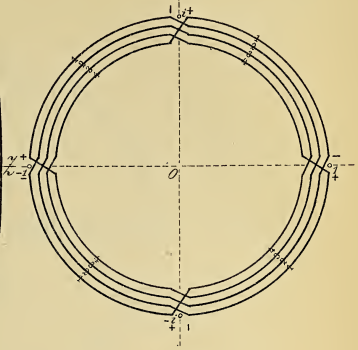


Fig. 4.

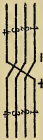


Fig. 5.



Fig. 7.

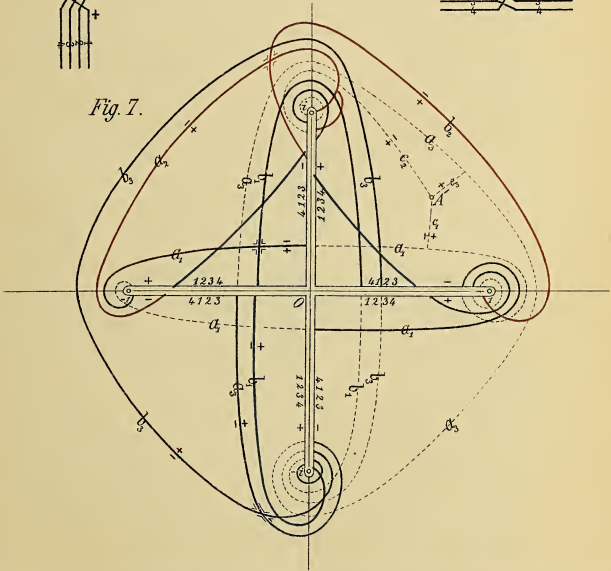


Fig. 2.

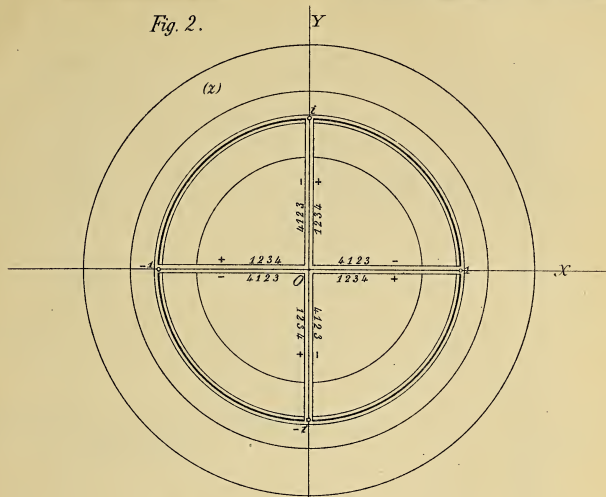


Fig. 3.

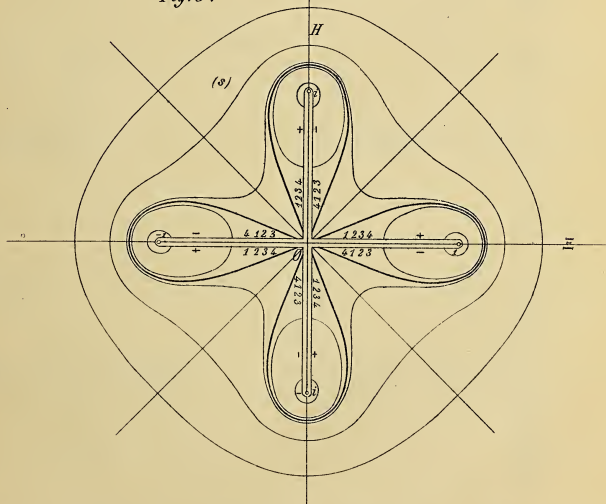


Fig. 8^a.

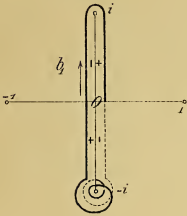


Fig. 8.^b

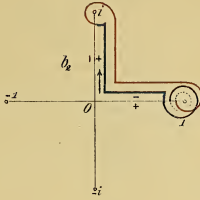


Fig. 8.^c

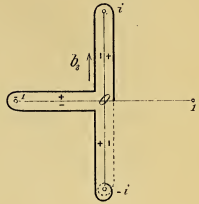


Fig. 8.^d

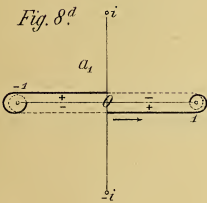


Fig. 8.^e

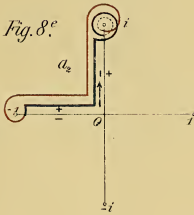


Fig. 8.^f

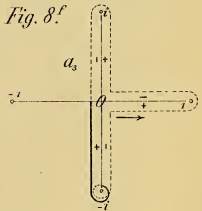


Fig. 9.^a

(S)

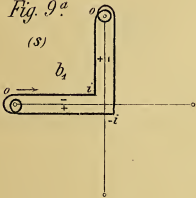


Fig. 9.^b

(S)

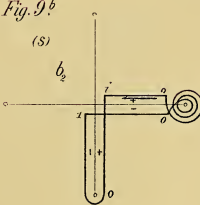


Fig. 9.

(S)

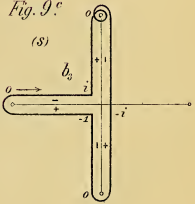


Fig. 9^d

(S)

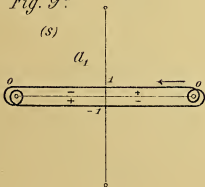


Fig. 9^e

(S)

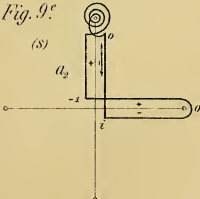


Fig. 9.

(S)

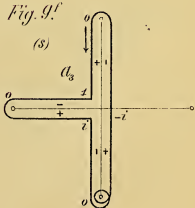


Fig. 10.^a

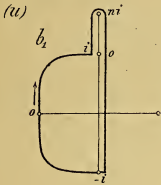


Fig. 10.^b

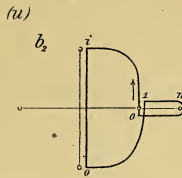


Fig. 10.^c

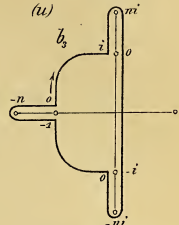


Fig. 10.^e

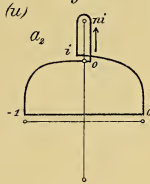


Fig. 10.^f

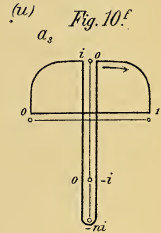


Fig. 10.^d

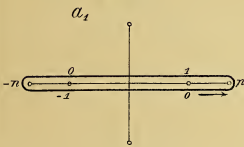


Fig. 11.^b

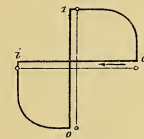


Fig. 11.^c

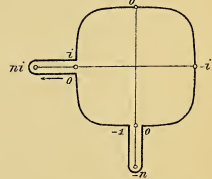


Fig. 11.^a

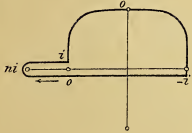


Fig. 11.^e

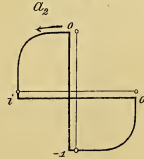


Fig. 11.^f

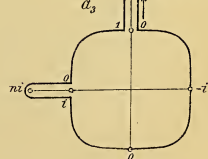
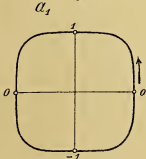
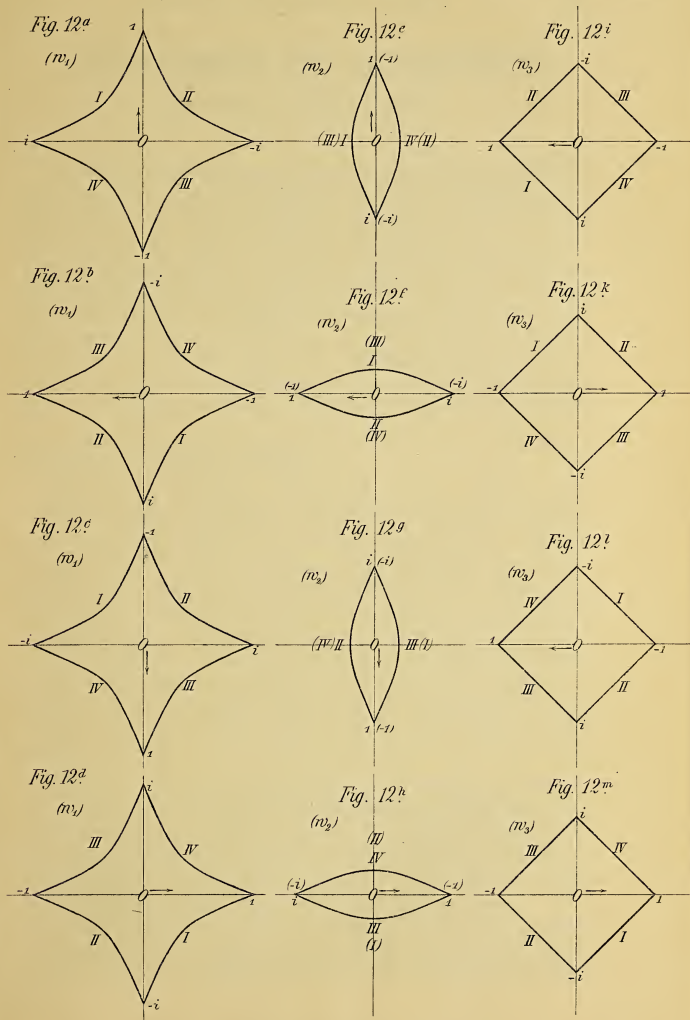


Fig. 11.^d





L'ÉBOULEMENT DU TAUREDUNUM

par SYLVIVS CHAVANNES

Les recherches importantes que Morlot et Troyon exécutèrent, il y a une quarantaine d'années, pour déterminer l'emplacement du Tauredunum, méritent d'être résumées encore une fois avant que la génération témoin des débats suscités par ces travaux ait disparu. Pour répondre à la demande qui nous a été faite à ce sujet par plusieurs membres de la Société vaudoise des sciences naturelles, nous avons rappelé nos souvenirs, consulté nos notes personnelles et celles qui nous ont été laissées par notre maître A. Morlot; nous allons exposer les arguments qui démontrent, à notre avis, que la catastrophe de l'an 563 de notre ère a eu lieu dans la plaine du Rhône, au pied du couloir des Evouettes.

Les plus anciens documents sont les récits donnés par Marius d'Avenches et Grégoire de Tours.

Voici le récit de Marius, évêque d'Avenches: « Sous le consulat de Basile, l'année 22, indiction XI, la grande montagne de Tauretunum, dans le territoire du Valais, tomba si subitement, qu'elle couvrit un château (castrum) dont elle était voisine et des villages avec tous leurs habitants; elle agita tellement le lac dans une longueur de LX milles et une largeur de XX milles, que, sorti de ses deux rives, il détruisit de très anciens villages avec hommes et troupeaux; il engloutit plusieurs lieux saints avec ceux qui les desservaient. Il entraîna avec furie le pont de Genève, les moulins et les hommes, et étant entré dans la cité de Genève, il y fit périr plusieurs personnes. »

Grégoire de Tours raconte « qu'un grand prodige arriva dans les Gaules au château de Tauredunum, qui était situé au-dessus du fleuve du Rhône sur une montagne, laquelle, après avoir pendant plus de soixante jours produit un certain mugissement, se fendit et se détacha du mont voisin et tomba, avec hommes, églises, biens et maisons dans le fleuve.

» Le lit du fleuve étant ainsi obstrué, l'eau revint en arrière, car le lieu était enfermé des deux côtés entre des montagnes, par les gorges desquelles coule le torrent, et inondant la plage

» supérieure qui bordait le rivage, elle la couvrit et la détruisit.
 » Puis, ces eaux accumulées s'étant ouvert un passage en dessous, elles noyèrent les hommes à l'improviste, comme elles
 » avaient fait au-dessus, renversant les maisons, enlevant les
 » troupeaux et bouleversant ou entraînant, par une violente et
 » soudaine inondation, tout ce qui se trouvait sur ces rivages
 » jusqu'à la cité de Genève. Plusieurs rapportent que les eaux
 » s'accrurent à un tel point, qu'elles entrèrent dans la dite ville
 » par-dessus les murailles. Ce fait n'est point douteux, parce
 » que, comme nous l'avons dit, le Rhône coule dans cette contrée entre les défilés des montagnes, et qu'étant exclu de son
 » lit ordinaire, il n'eut pas de place pour s'étendre sur les côtés
 » et qu'il entraîna le mont qui était tombé et détruisa tout de
 » cette manière.

» Après que cela fut fait, trente moines vinrent sur la place
 » où le château s'était écroulé et ayant creusé la terre qui était
 » restée au milieu des ruines de la montagne, ils y trouvèrent
 » du cuivre et du fer. Pendant qu'ils y travaillaient, ils entendirent un mugissement de la montagne, comme précédemment;
 » mais, retenus par leur honteuse cupidité, la partie qui n'était
 » pas encore tombée s'écroula sur eux, les fit périr et les couvrit tellement qu'on ne les retrouva plus. »

C'est sur ces anciennes chroniques que se sont basés les historiens et archéologues subséquents. Le principal, Frédéric de Gingins, dans un mémoire sur les antiquités du Valais, étudiait la question et plaçait le Tauredunum au Bois-Noir, en amont de St-Maurice. Là la vallée, déjà très resserrée, et bordée de part et d'autre par des rochers abrupts, paraît barrée par les immenses dépôts d'alluvion du torrent de St-Barthélemy, qui ont refoulé le Rhône jusqu'au pied des rochers de la rive droite. Pour un observateur superficiel, il pourrait sembler que l'on ait là les restes du grand barrage décrit par les chroniqueurs. Mais les alluvions du Bois-Noir sont un *cône torrentiel* normal, très développé et fortement incliné, présentant, il est vrai, sur certains points des blocs de dimensions considérables; cependant ces derniers ne sont que les restes de débâcles torrentielles plus violentes que les charriages ordinaires et ne sauraient être pris pour les débris directs d'un éboulement. Dans la formation des cônes torrentiels, il s'établit un équilibre entre les apports annuels moyens et les apports exceptionnels dus à de rares débâ-

cles ; cet équilibre se traduit par la distribution des matériaux dans la masse du cône et par l'inclinaison de la surface. La structure des cônes torrentiels et leur rôle dans la formation du sol des vallées ont été trop exactement étudiés pour que l'on puisse maintenant confondre les cônes et les éboulements.

Une autre circonstance empêche de placer au Bois-Noir le barrage du Tauredunum, c'est le trop grand éloignement du lac. A une pareille distance, les eaux faisant irruption auraient dû se répartir sur une trop grande surface avant d'arriver au lac et n'auraient pu produire les effets décrits.

Il fallait donc abandonner l'opinion de Frédéric de Gingins et de tous ceux qui jugeaient la question essentiellement d'après les documents historiques.

En mai 1843, Rodolphe Blanchet fut engagé à s'occuper de ce sujet par le fait que l'on découvrait près de Roche de grandes quantités de troncs d'arbres transformés en charbon et en lignite. Blanchet examina sur place ces gisements et constata que tous ces arbres étaient dirigés contre le pied de la montagne. Ils paraissaient avoir été déracinés par un courant d'air qui les aurait tous couchés dans cette direction. Blanchet fut également frappé par le nombre de petites collines qui sont parsemées sur la plaine du Rhône entre Chessel et Noville, et il se demanda si ce n'était pas là les restes d'un vaste éboulement et peut-être de celui du Tauredunum.

Plus tard, en 1851, la question fut reprise d'une manière scientifique par Troyon et Morlot. Ces deux savants explorèrent très en détail toute la contrée et consignèrent le résultat de leurs recherches dans une petite notice qui parut dans le Bulletin de 1853 de la Société des sciences naturelles. Entre 1851 et 1865, ces messieurs ne négligèrent aucune des occasions qui se présentaient pour faire de nouvelles constatations. A cette époque on travaillait beaucoup aux canaux destinés à recueillir les eaux et à assainir la plaine. On constata aux Evouettes et à Chessel une série très intéressante de collines que le canal dut traverser. Ces collines, hautes de 30-40 pieds au-dessus du Rhône, sont couvertes de bois et de végétation. Elles sont constituées intérieurement par des blocs éboulés. Venetz crut y voir des moraines, mais les tranchées que l'on pratiqua montrèrent avec évidence que l'on avait affaire à des monceaux d'éboulis bien caractérisés. La masse en est formée par des accumulations irrégulières de blocs brisés, contusionnés, en partie agglutinés

par un ciment argilo-calcaire, formé par la solidification de la poussière qui accompagne toujours un grand éboulement et qui est le produit de la trituration des matériaux pendant la chute. On observa une structure toute analogue sur plusieurs points de l'éboulement d'Elm. Les roches sont des calcaires jurassiques, identiques à ceux qui constituent le massif du Grammont.

L'ensemble de ces collines d'éboulis forme une bande irrégulière arquée qui s'étend, en longueur, de Chessel à Noville, et, en largeur, des Evouettes à Chambon.

Selon M. Morlot¹, « l'éboulement est parti de la sommité du » Grammont (Dérotchiaz), dominant le couloir des Evouettes, » par lequel il est descendu. Un quartier de montagne d'environ » 1000 pieds de puissance et situé entre 5 et 6000 pieds de hauteur au-dessus du Rhône, se détacha et glissa sur une surface » inclinée de 30 à 40° et vint se précipiter d'abord par-dessus » un escarpement d'environ 1000 pieds de hauteur situé dans » le couloir des Evouettes, et acquit ainsi une force d'impulsion » énorme. La masse lancée comme dans une coulisse, à la partie » inférieure du couloir, fut projetée sur la plaine du Rhône, » qu'elle couvrit de ses débris sur toute son étendue entre Noville, Chessel et Chambon. Le fleuve fut barré par elle et re- » flua jusqu'aux rochers de St-Triphon, en amont desquels se » trouve un dépôt formé par ce lac temporaire. La rupture de » la digue eut lieu à la Porte-du-Scex, là où elle avait le moins » de puissance. »

Le barrage fut complété : 1° par une seconde zone de collines qui enveloppe la première et qui a été formée par le refoulement du sol même de la vallée. Ces collines sont constituées par les anciennes alluvions du Rhône (sables et limon) dont les couches ont été relevées et plissées par l'immense pression latérale des masses ébouleées.

2° Par les forêts ravagées et couchées par le vent de l'éboulement contre le pied de la montagne, aux environs de Roche.

Les effets du barrage sont dûment démontrés par les dépôts de limon qui recouvrent la plupart des collines. Sur plusieurs points, la superposition du limon, déposé horizontalement sur les couches inclinées des collines de refoulement, est des plus nettes ; il en est de même sur d'autres points, où le limon a re-

¹ *Bulletin*, t. III, p. 281-286.

couvert les collines d'éboulis de la première zone. Ailleurs encore, comme à Noville, il s'est accumulé de grandes masses de limon qui ont complètement recouvert les portions les moins saillantes de l'éboulement. Partout ces limons du barrage renferment de nombreux squelettes d'hommes et d'animaux (cheval, vache, cochon, chèvre, mouton), victimes de la catastrophe. Il ne saurait être question de restes de sépultures, car les squelettes sont dans les positions les plus variées, comme ce doit être le cas pour des cadavres flottés et accumulés sur certains points par le tournoiement de l'eau. Les ossements humains présentent un beau type de crâne, que M. Rütimeyer appelle le type de Sion; les mâchoires de cheval sont du type dit romain; les ossements de vache, très nombreux, appartiennent à une petite race; il en est de même des restes de cochon; tandis que des mâchoires de chèvre et de mouton trahissent des animaux de grande taille.

La partie de la montagne d'où s'est détaché l'éboulement est très facile à reconnaître, surtout des environs de Roche et d'Yvorne. C'est un immense cirque de roches nues, entre le sommet de Grammont (ou Chaumény) et l'origine du ravin escarpé des Evouettes. On se rend très bien compte comment la masse a dû glisser sur les couches restées en place et fortement inclinées au sud-est. Ces couches portent encore à leur surface, sur les points préservés des érosions subséquentes, des stries profondes qui accusent nettement la direction du glissement. Autre chose des plus intéressante, ces mêmes couches portent, en outre, les traces du second éboulement signalé par Grégoire de Tours, sous forme de stries qui croisent obliquement les premières et qui, par leur direction, indiquent la position que doivent avoir occupée les masses du second éboulement.

Aux environs des Evouettes, on a retrouvé les restes de constructions anciennes d'où l'on a retiré une tête du Christ sculptée, en style byzantin bien caractérisé. On peut la voir au Musée cantonal, dans la salle Troyon.

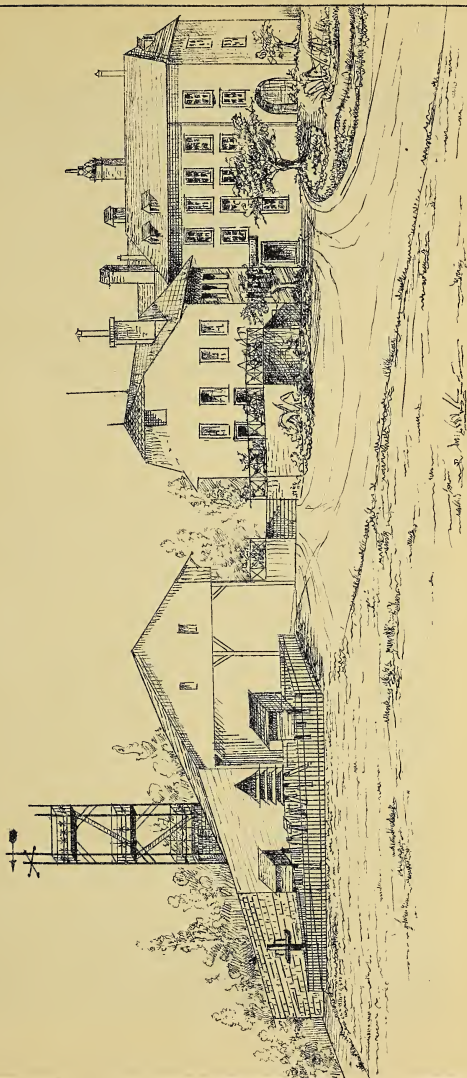
On voit par ce qui précède que toutes les observations géologiques et archéologiques faites sur le terrain par MM. Troyon et Morlot, pendant une série d'années et avec la plus scrupuleuse exactitude, confirment d'une manière éclatante le récit des chroniqueurs et qu'ici l'histoire et la géologie se donnent le plus heureusement la main.

Un seul point peut encore rester sujet à interprétation. C'est celui des effets mécaniques causés par la catastrophe sur les rives du Léman. Le chroniqueur les attribue à la rupture du barrage et à l'invasion subite des eaux accumulées en amont.

Si l'existence du barrage et d'un petit lac temporaire ; s'étendant de Chessel à St-Triphon, est incontestablement établie, il peut paraître fort douteux que la rupture du barrage ait été assez subite et l'écoulement de l'eau assez prompt pour avoir produit les effets décrits par la chronique. Nos connaissances actuelles sur les lois de l'hydraulique et les faits constatés lors des grands éboulements contemporains nous porteraient plutôt à croire que la perturbation du niveau du lac aurait été produite par l'immense courant d'air qui devait accompagner l'éboulement. Tout un ensemble de circonstances semble corroborer cette explication et autoriser à faire une distinction dans le récit de Grégoire entre deux faits que le chroniqueur donne comme simultanés et en rapport de cause à effet, tandis qu'ils auraient été distincts et séparés l'un de l'autre par un laps de temps plus ou moins long.

Tel est le résumé que nous avons présenté à la Société vaudoise des sciences naturelles dans sa séance du 2 mars 1887, en illustrant notre exposition par la présentation des cartes et plans levés par Morlot et des nombreux échantillons que nous avons nous-mêmes recueillis sur les lieux.

Espérons, comme on veut nous le promettre, que ces souvenirs provoqueront de nouvelles recherches sur cet intéressant problème de la part de ceux qui se plaisent à l'étude de la nature et de l'histoire de notre patrie.



OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à la Station météorologique du Champ-de-l'Air,

INSTITUT AGRICOLE DE LAUSANNE

I^{re} ANNÉE, 1887.XIV^{me} année des observations météorologiques de Lausanne.

TABLEAUX

rédigés par **Henri DUFOUR**, prof., chef du service météorologique.Observateur : **D. VALET**.

Pl. XI et 12 tableaux.

L'année 1887 a amené des changements importants dans l'organisation des observations météorologiques de Lausanne. Après treize années de travaux continus, MM. J. Marguet et Hirzel, qui s'étaient si complètement dévoués pour soutenir et développer l'observatoire météorologique de Lausanne, ont dû renoncer à poursuivre cette tâche, qui ne pouvait plus être accomplie dans l'ancienne station de l'Asile des aveugles. En terminant cette première série de bonnes observations, MM. J. Marguet et Hirzel laissent dans le Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, vol. XXII, n° 95, un résumé complet des résultats obtenus par eux sur le *Climat de Lausanne dans sa partie située au nord-ouest*. Ce résumé fixe, pour une période assez longue déjà, les éléments météorologiques de Lausanne.

Au moment où on pouvait craindre de voir disparaître la station météorologique de Lausanne, des circonstances favorables sont venues lui permettre de s'installer d'une manière qu'on peut espérer devoir être durable, et lui donner de nouvelles ressources. La création de la station centrale d'essais viticoles établie au Champ-de-l'Air, à côté des cours agricoles qui existent depuis nombre d'années, ont fait de cet ensemble un véritable Institut agricole, pour lequel une station météorologique était nécessaire. Aussi cette station prévue par l'autorité

supérieure a-t-elle pu entrer en activité dès le début de 1887; encore incomplète, il est vrai, elle peut donner pour l'année 1887 plus et moins à la fois que sa devancière. Tout fait espérer que les réductions nécessitées par l'apprentissage d'une première année ne dureront pas et que les nouvelles observations entreprises ne seront pas abandonnées.

Le travail que nous présentons aujourd'hui aux lecteurs du Bulletin comprendra les études suivantes :

- 1° Installations de la nouvelle station. Constantes topographiques et météorologiques. Comparaisons avec l'Asile.
 - 2° Résumé des observations faites en 1887.
-

Installations météorologiques du Champ-de-l'Air. — Constantes. — Comparaisons climatologiques des deux stations.

Les éléments météorologiques observés actuellement au Champ-de-l'Air sont les suivants :

1° Température de l'air; 2° Pression atmosphérique; 3° Humidité relative; 4° Hauteur d'eau tombée; 5° Direction et vitesse du vent; 6° Température du sol; 7° Evaporation; 8° Heures de soleil; 9° Caractère général du temps.

Les heures d'observations sont celles adoptées dans toutes les stations suisses : 7 h. a. m.; 1 h. p. m.; 9 h. p. m. — Pendant l'année 1887, l'humidité relative, ainsi que la force et la direction du vent ont été observées seulement deux fois par jour : à 7 heures et à 1 heure. La température et la pression barométrique sont observées trois fois par jour; on note, en outre, les extrêmes.

Les bâtiments du Champ-de-l'Air affectés exclusivement au service de l'Institut agricole sont situés au NE de la ville de Lausanne, à une altitude de 555 mètres (altitude de la chambre dans laquelle se trouve le baromètre), latitude 46° 31', longitude est Greenwich 6° 38'. — Des prés en pente s'étendent au-dessous de la station jusqu'au quartier de Martheray d'une part et jusqu'à la route de la Solitude de l'autre.

Les abris météorologiques sont au SE des bâtiments, ils sont enfermés dans un enclos de 12 mètres de côté, le sol est gazonné et les cages des thermomètres sont de 1^m.50 à 2^m.0 les unes des autres et à 40 mètres environ des bâtiments les plus rapprochés.

L'air circule librement partout. Dans cet enclos sont placés : 1° Un grand abri en bois et en zinc verni en blanc et contenant les thermomètres à maximum et à minimum, l'hygromètre à cheveu de Kopp, l'évaporimètre de Wild ; cet abri est librement ouvert au Nord, le toit est à double paroi inclinée au Sud. 2° Une pyramide triangulaire, dont l'arête regarde le Sud, la face Nord librement ouverte, contenant le thermomètre sec et le thermomètre mouillé. 3° Une cage à doubles jalousies, toit à double paroi, ouverte aussi au Nord. Elle contient un thermomètre enregistreur de Richard frères, à Paris, et un thermomètre ordinaire de station divisé en $\frac{1}{5}$ de degré centigrade. 4° Le pluviomètre est placé sur une tablette située au SW, à l'altitude de 548^m.70. On trouve encore dans cet enclos 3 thermomètres à mercure, à échelles divisées en $\frac{1}{5}$ de degré et dont les tiges ont des longueurs de 1^m, 0^m.50, 0^m.25. Ces instruments sont enfoncés dans le sol, la tige de chacun d'eux est protégée par un fort tube en bois goudronné, la boule du thermomètre est entourée d'un petit étui en fer rempli de mercure. Le thermomètre, plongeant à un mètre, pénètre dans le sous-sol de molasse, les deux autres sont dans la terre arable.

Au Nord-Ouest de l'enclos, dans le jardin qui s'étend à côté du bâtiment, on a construit une tour en fer de 9 mètres de hauteur, le sommet en est donc à environ 565 mètres. Sur cette tour sont placés la girouette, modèle ordinaire des stations suisses, et un anémomètre de Robinson, dont les dimensions sont telles que chaque tour du moulinet correspond à 5 mètres de vent parcouru ; l'instrument est muni d'un compteur de tours et d'un contact électrique pour l'enregistrement. Le bas de la tour est occupé par une chambre dans laquelle seront placés divers enregistreurs. Il n'y a, pour le moment, qu'un enregistreur de la vitesse du vent.

Le baromètre est placé dans une des pièces de l'appartement du concierge, la cuvette est à 555.80 mètres ; c'est un instrument identique à celui qui existait à l'Asile, modèle ordinairement employé dans les stations suisses. — Un baromètre enregistreur de Richard frères donne les extrêmes de la pression et permet de déterminer à chaque instant la valeur de la pression atmosphérique avec une exactitude suffisante s'il est contrôlé chaque jour, comme c'est le cas, par trois observations directes.

L'observation des heures de soleil se fait au moyen du *Sunshine recorder* de Campbell, qui fonctionne dans plusieurs stations

suisses; cet appareil est placé sur le toit de la maison n° 19 de la Caroline (Clos-Lilas), à la même altitude sensiblement que les cages des thermomètres; l'horizon de cet observatoire est entièrement découvert.

Résumé des observations pour l'année 1887.

Les observations pour l'année 1887 sont résumées dans les tableaux suivants (p. 188 et suiv.), dont la forme est la même que celle adoptée pour les observations de l'Asile. Nous les ferons précéder seulement du tableau des constantes météorologiques déterminées à l'Asile d'après les 13 années d'observations faites par MM. J. Marguet et Hirzel et des réductions que ces observations doivent théoriquement subir pour être ramenées à l'altitude du Champ-de-l'Air. Nous donnons ensuite les principaux éléments caractéristiques de l'année 1887.

Observations météorologiques de l'Asile, 1874-1886.

Température 9°6. Pression atmosphérique 717.1. Humidité relative 78.3.

Hauteur d'eau tombée 1038.2. Nombre de jours de chute 151.

Extrêmes de la température — 14.2 le 9 décembre 1879; 29.7 le 19 juillet 1881.

Extrêmes de la pression 691.1 en 1875; 734.9 en 1883.

Jours de gel, moyenne, 50.5; jours de non-dégel, moyenne, 22.3.

Clarté moyenne du ciel 6.8 (10 = entièrement couvert, 0 sans nuages).

Le déplacement du baromètre s'élevant de 508 à 555 mètres, donne, pour la hauteur normale de cet instrument dans la nouvelle station, les valeurs suivantes :

Janvier 715.4; février 713.7; mars 712.1; avril 709.9; mai 712.1; juin 712.9; juillet 714.3; août 713.6; septembre 714.2; octobre 712.7; novembre 712.5; décembre 712.7. — Moyenne 712.9.

La détermination de la différence de température normale entre les deux stations, déduite de leur différence d'altitude, a été établie de la manière suivante :

D'après la série des observations faites à l'Asile de 1874 à 1886, la température moyenne de cette station est 9°6; pendant la même période, la température à Genève était 9°57. D'autre part, en comparant la température des 13 années 1874 à 1886 à

Genève avec la température des 50 années 1826 à 1875, qui est 9°.31, on voit que la température moyenne pendant la période 1874-1886 a été de 0°.26 plus élevée que celle qui résulte des 50 années qui précèdent. La température moyenne de Lausanne pendant ces 13 ans étant à 0°.03 identique à celle de Genève, nous pouvons appliquer la même correction et nous obtiendrons ainsi pour la *température moyenne annuelle probable* de l'Asile 9°.34¹.

Le thermomètre normal du Champ-de-l'Air est celui qui a servi à l'Asile pour les observations quotidiennes de la température jusqu'au 31 décembre 1886; la boule de ce thermomètre est à l'altitude de 549 mètres, c'est-à-dire 41 mètres plus haut que l'Asile. Le décroissement de température pour les divers mois est, d'après le travail de M. Hirsch², pour 100 mètres, le suivant :

Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
0.30	0.53	0.67	0.62	0.71	0.75
Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
0.70	0.66	0.57	0.59	0.59	0.30

Il en résulte, pour la *température probable* à l'altitude du Champ-de-l'Air pour les divers mois, les valeurs suivantes :

Janvier	+ 0.06	Avril	8.79	Juillet	18.39	Octobre	9.25
Février	2.32	Mai	12.19	Août	17.91	Novembre	4.47
Mars	4.64	Juin	15.99	Sept.	14.46	Décembre	0.85

et pour la *température moyenne probable* de l'année :

$$9^{\circ}.34 - 0.23 = 9^{\circ}.11.$$

Cette valeur est celle de la température calculée par la formule $\frac{7 + 1 + 9}{3}$, c'est-à-dire en faisant la somme des températures observées à 7 h. du matin, à 1 h. après midi et à 9 h. du soir. Ce procédé pour établir la moyenne diurne donne des valeurs un peu trop élevées, par le fait que deux des observations appartiennent au jour et une seule à la nuit; aussi a-t-on re-

¹ Lorsque Genève possèdera 75 ans d'observations, on pourra établir d'une façon plus exacte la température probable de Lausanne en comparant ses 25 années d'observations avec celles de Genève.

² Hirsch. Die Temperaturabnahme mit der Höhe in der Schweiz. Schweizerische meteorologische Beobachtungen, VI. Jahrgang. Beilagen.

connu qu'il y avait avantage à calculer la moyenne mensuelle en combinant les trois observations diurnes comme suit :

$$\frac{7+1+9+9}{4}, \text{ c'est-à-dire en donnant à l'observation de}$$

9 h. une valeur double. Le tableau suivant donne, pour l'année 1887, les températures moyennes des divers mois calculées par les deux procédés :

	$\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+9+9}{4}$		$\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+9+9}{4}$
Janvier . . .	— 2.4	— 2.4	Juillet . . .	20,7	20.3
Février . . .	— 0.7	— 1.0	Août . . .	17.8	17.5
Mars . . .	+ 1.8	+ 1.6	Novembre .	13.5	13.2
Avril . . .	+ 8.4	+ 8.1	Octobre .	6.0	5.8
Mai . . .	+ 10.6	+ 10.4	Novembre .	3.5	3.4
Juin . . .	+ 18.2	17.8	Décembre .	— 0.3	— 0.3

La température moyenne de l'année est, calculée par l'ancien procédé, $\frac{7+1+9}{3} = 8^{\circ}.1$, tandis qu'elle est de $7^{\circ}.9$ si on la

calcule par le nouveau procédé ; c'est une différence de $0^{\circ}.2$ environ. Pour pouvoir comparer l'année 1887 aux années précédentes, il faut calculer sa valeur comme elle l'a été jusqu'ici, c'est-à-dire prendre le chiffre $8^{\circ}.1$. C'est-à-dire que la température de 1887 est de 1° plus basse que la moyenne établie pour Lausanne ; cette année ressemble, par sa basse température moyenne, à l'année 1879, dont la température était $7^{\circ}.8$; mais la cause de cette anomalie est tout autre en 1887 qu'en 1879 ; en effet, si on examine les températures des divers mois, on voit que 1887 a été une année froide dans tous les mois, sauf deux. On trouve que les températures moyennes des divers mois sont toutes au-dessous de la moyenne, à l'exception des mois de juin et de juillet, qui présentent tous deux une anomalie positive assez considérable. En 1879, les mois d'avril, de mai, de juillet, d'octobre et surtout de novembre et de décembre, ce dernier exceptionnellement froid, sont au-dessous de la moyenne. L'année 1887 comptera parmi les années les plus froides de la série 1874-1887.

L'année 1887 est une année sèche, en ce sens que la chute d'eau a été relativement faible ; la valeur moyenne de hauteur d'eau tombée est à Lausanne de $1038^{\text{mm}}.2$ d'après la série des 13 années ; en 1887, les chutes aqueuses donnent une couche d'eau de $806^{\text{mm}}.5$; les mois secs sont : janvier, février, juin, juillet, septem-

bre, octobre et novembre; le mois de février, en particulier, a été exceptionnellement sec, il est tombé seulement 1^{mm}5 d'eau, tandis que la normale de ce mois est de 53^{mm}6. Par ce caractère de sécheresse, 1887 se rapproche beaucoup de 1874, année pendant laquelle il était tombé 809^{mm}3 d'eau.

Le nombre des jours de chute de pluie ou de neige est en 1887 de 135, le nombre moyen est de 151.

Depuis l'année 1886, des observations régulières sur le nombre des heures de soleil ont été faites à Lausanne au moyen du *Sunshine recorder*, de Campbell, dont le Bureau central de Zurich nous a facilité l'acquisition; les observations ont commencé en février 1886 et ont donné les résultats suivants :

Heures de soleil en heures et dixièmes d'heure.

	1886.	1887.
Janvier	—	35.5
Février	66.3	162.5
Mars	179.3	108.3
Avril	161.2	198.5
Mai	260.8	147.0
Juin	177.4	325.3
Juillet	291.9	268.3
Août	241.2	270.5
Septembre	212.3	200.2
Octobre	98.4	143.0
Novembre	100.9	81.7
Décembre	49.1	83.2
	1838.8	2023.0

En déduisant de l'année 1887 les 35.5 heures de janvier, on voit que l'insolation a été de février à décembre de 1838.8 heures en 1886 et de 1987.5 heures en 1887.

Des observations semblables ont été faites dans les villes de Davos, Lugano, Zurich et Bâle en 1886; les résultats sont les suivants :

	Nombre d'heures de soleil en 1886.
Davos	1769
Lugano	2216
Bâle	1767
Zurich	1705
Lausanne	1878

Nous avons supposé, en adoptant le chiffre 1878 pour l'année, 40 heures de soleil en janvier 1886 à Lausanne; le nombre des heures ayant été de 36.6 à Bâle et de 43.2 à Zurich.

Si on détermine le nombre moyen des heures de soleil par jour on trouve, pour Lausanne, dans les différents mois :

	1886.	1887.
Janvier	1.29 ?	1.15
Février	2.36	5.80
Mars	5.78	3.50
Avril	5.37	6.60
Mai	8.41	4.74
Juin	5.91	10.80
Juillet	9.42	8.65
Août	7.78	8.70
Septembre	7.08	6.66
Octobre	3.17	4.61
Novembre	3.36	2.72
Décembre	1.58	2.68
Moyenne . .	5.12	5.55

La clarté moyenne de janvier 1886 a été calculée en supposant 40 heures de soleil dans ce mois. On voit que l'insolation de 1887 est supérieure quant au nombre d'heures de soleil à celle de 1886.

Enfin, parmi les observations spéciales à la station du Champ-de-l'Air, nous devons signaler celles de la température du sol, vu l'importance qu'elles ont pour l'agriculture. Ces observations ont été commencées en avril avec les appareils décrits précédemment; les lectures sont faites deux fois par semaine. Le compte-rendu de ces observations est résumé dans les Observations météorologiques de l'Institut agricole. Nous relèverons seulement ici les faits suivants. La température du sol suit avec un retard, comme chacun le sait, celle de l'air; en été, la température de la surface est plus élevée que celle de la profondeur; en hiver, c'est l'inverse; il en résulte qu'il y a deux époques dans l'année dans lesquelles la température est sensiblement constante pour les trois thermomètres.

En 1886, l'époque du commencement de l'été pour le sol était avant le 4 avril, car à cette date les températures étaient

à 1^m., 8°; à 0^m.50, 10° 3; à 0^m.25, 11° 3.

Les maximum de la température ont eu lieu, cette année, aux dates suivantes :

Le 2 septembre	à 0 ^m .25,	température	21°.8.
»	»	à 0 ^m .50	» 21°.4.
Le 15	»	à 1 ^m .00	» 19°.4.

Le commencement du régime d'hiver a eu lieu au commencement d'octobre, la température était alors :

à 1^m., 16°.4 ; à 0^m.50, 17°.4 ; à 0^m.25, 16°.4.

Les minima de température sont arrivés aux époques suivantes :

Le 18 février	à 0 ^m .25,	température	0°.9.
Le 25	»	à 0 ^m .50	» 1°.4.
Le 2 mars	à 1 ^m .00	»	1°.8.

Le commencement du régime d'été a eu lieu au commencement du mois de mars 1887.

Les maxima de température sont arrivés, en 1887, aux époques suivantes :

Le 9 août	à 0 ^m .25,	température	0°0.
Le 10	»	à 0 ^m .50	» 0°0.
Le 12	»	à 1 ^m .00	» 0°0.

Enfin le régime d'hiver, c'est-à-dire l'inversion de la température, a eu lieu en 1887 le 13 septembre déjà.

La température du sol était alors aux diverses profondeurs :

à 1^m., 17°.4 ; à 0^m.50, 17°.8 ; à 0^m.25, 17°.8.

Si on compare les températures du sol à la fin des deux années 1886 et 1887, on trouve que la température du sol était de 1 degré environ plus basse en 1887 qu'en 1886.

A ces observations viendront s'ajouter, si les recherches poursuivies en 1887 et 1888 aboutissent, des observations sur les variations de l'état hygrométrique du sol et l'enregistrement des variations de l'humidité de l'air.

Les mesures faites en 1886 sur l'évaporation ne sont pas assez nombreuses pour être résumées, elles ont été faites régulièrement en 1888.

Lausanne, octobre 1888.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JANVIER 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	-6,8	-4,9	-6,3	-6,0	-4,6	-6,8	713,9	713,6	712,6	713,4
2	-6,1	-4,7	-6,3	-5,7	-4,4	-6,8	12,1	13,2	13,9	13,1
3	-5,7	-3,7	-5,3	-5,0	-3,6	-6,8	15,1	14,7	12,5	14,1
4	-6,3	-4,2	-3,8	-4,8	-3,5	-7,3	05,9	01,8	03,5	03,7
5	-4,0	-1,2	0,7	-1,7	1,0	-4,8	02,1	696,6	697,8	698,8
6	-0,3	-0,3	-0,8	-0,5	0,0	-2,3	696,1	96,8	99,0	97,3
7	-1,3	2,1	0,1	0,3	2,4	-2,3	96,2	96,6	98,0	96,9
8	-1,1	3,2	1,1	1,1	—	-2,8	98,6	99,2	96,6	98,1
9	-1,3	1,9	-3,3	-0,9	2,6	-1,3	98,6	703,4	706,7	702,9
10	-2,9	0,9	-2,8	-1,6	2,0	-4,3	709,5	09,9	11,5	10,3
11	-2,7	1,0	-4,9	-2,2	2,3	-3,8	13,9	14,9	17,6	15,5
12	-2,5	0,7	-3,9	-1,9	1,0	-5,3	19,1	19,8	19,9	19,6
13	-1,9	-1,9	-4,5	-2,8	-1,6	-5,3	19,8	18,8	18,3	19,0
14	-4,7	-4,3	-7,3	-5,4	-3,5	-5,5	16,9	16,0	16,3	16,4
15	-8,7	-7,5	-7,7	-8,0	-7,2	-8,7	15,3	14,0	13,8	14,4
16	-6,9	-4,3	-5,9	-5,7	-3,5	-8,5	11,4	11,2	12,9	11,8
17	-4,7	-1,4	-5,6	-3,9	-1,3	-5,8	13,9	14,6	17,3	15,3
18	-6,3	-0,1	-3,0	-3,1	0,5	-6,5	18,3	18,7	20,1	19,0
19	-1,7	1,8	0,2	0,1	2,3	-4,8	20,6	21,4	23,3	21,8
20	0,8	4,8	2,7	2,8	5,3	-2,0	20,2	19,7	23,2	21,0
21	2,2	3,8	1,2	2,4	4,3	-1,0	25,3	27,5	29,4	27,4
22	0,3	3,9	-2,4	0,6	3,9	0,1	28,8	27,7	26,4	27,6
23	-2,9	1,7	-2,3	-1,2	3,2	-3,5	25,2	24,5	24,1	24,6
24	-4,8	-1,1	-2,1	-2,7	-0,8	-5,1	22,8	22,6	23,4	22,9
25	-2,1	-0,7	-2,0	-1,6	1,8	-5,3	24,0	24,5	25,6	24,7
26	-1,7	-0,3	-1,5	-1,2	0,0	-2,4	26,5	27,2	27,5	27,1
27	-1,8	-1,5	-2,0	-1,8	-1,2	-2,0	26,8	26,8	26,6	26,7
28	-1,5	-1,0	-1,8	-1,4	-0,7	-2,2	27,0	27,1	28,1	27,4
29	-3,8	-1,1	-3,0	-2,6	-0,8	-4,1	27,0	26,6	26,4	26,7
30	-3,2	-1,8	-3,6	-2,9	-1,4	-4,1	25,6	25,3	25,1	25,3
31	-2,1	-1,3	-2,2	-1,9	-1,1	-4,3	23,7	23,3	22,9	23,3
Moy.	-3,1	-0,7	-2,8	-2,2			716,1	716,1	716,8	716,3

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme.
Fréquence .	15	13	2	3	1	13	1	14	15
Vitesse . .	5.0	10.9	2.3	3.7	1.5	3.7	0.0	2.7	

Extrêmes de température : — 8°.7 le 15; + 5°.3 le 20.

Extrêmes de pression : 729.4 le 21, à 9 h. pm.; 696.1 le 6 à 7 h. am.

Nombre de jours de non-dégel: 15. Nombre de jours de gelée: 30. Nombre de jours au-dessous de 0°: 25.

Périodes de froid continu: du 1^{er} au 4, 4 jours; du 13 au 17, 5 jours; du 27 au 31, 5 jours.

Vent : Observations de 7 h. et de 1 h. Brouillards du 26 au 31.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ . 6°.38'. G. β . 46°.31'. H. 555,8. h . 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
7 h.	1 h.	mm.						
—	—	—	3,0	—	Cl.	N.	Co.	1
—	—	—	1,0	—	N.	Co.	Co.	2
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	3
—	—	2,0	—	—	Co.	Co.	Co.	4
—	—	—	—	—	N.	Co.	Co.	5
—	—	4,0	0,1	—	Co.	Co.	N.	6
—	—	16,0	2,2	—	N.	N.	Co.	7
—	—	2,5	4,1	—	N.	N.	Co.	8
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	9
—	—	—	—	—	B.	N.	Cl.	10
—	—	—	4,2	—	Cl.	Cl.	Co.	11
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	12
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	13
—	—	—	1,2	—	Co.	N.	Co.	14
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	15
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	16
—	—	0,5	—	—	Co.	Co.	Co.	17
—	—	—	—	—	N.	N.	Co.	18
—	—	—	—	—	N.	Co.	Co.	19
—	—	—	0,1	—	Co.	N.	Cl.	20
—	—	—	1,2	—	N.	N.	Cl.	21
—	—	—	6,2	—	N.	Cl.	Cl.	22
—	—	—	6,0	—	N.	Cl.	Co.	23
—	—	—	—	—	B.	Co.	Co.	24
—	—	—	1,0	—	Co.	Co.	Co.	25
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	26
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	27
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	28
—	—	—	—	—	N.	Co.	Co.	29
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	30
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Co.	31
—	—	25,0	35,2	—				Moy.

Dates :												
	2.	4.	7.	11.	14.	18.	21.	23.	25.	28.	30.	
Tempé- rature du sol.	1 ^m	4.2	4.0	3.8	3.5	3.3	3.1	3.0	2.8	2.8	2.6	2.5
	0 ^m .5	3.5	3.4	3.0	3.0	2.8	2.2	2.4	2.2	2.2	2.2	2.2
	0 ^m .25	2.8	2.5	2.5	2.2	2.0	1.6	1.6	1.7	1.6	1.8	1.6

Nombre de jours de neige 5. Nombre de jours de brouillard continu 5.

Le 16 il y avait 37 cm. de neige sur le sol; la température de la neige était —5°.5 à la surface et 0° sur le sol.

Les heures de soleil sont exprimées en heures et quart d'heures, ainsi 6.2 signifie 6 heures et demie.

Caractère du temps: Cl. = clair; N. = nuageux; Co. = couvert; B = brumeux. Somme des heures de soleil = 35½; soit 13 % du maximum.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de FÉVRIER 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	— 2,6	1,1	—0,3	—0,6	1,9	— 3,0	720,1	719,9	719,4	719,8
2	0,3	3,9	1,3	1,8	6,3	—	18,5	18,7	21,1	19,4
3	1,9	7,2	1,9	3,7	8,0	— 0,4	24,0	25,6	26,7	25,4
4	— 0,5	6,7	—0,8	1,8	7,4	— 0,8	28,1	27,9	28,1	28,0
5	— 2,2	6,7	—0,3	1,4	8,2	— 3,1	28,5	28,6	28,6	28,6
6	— 2,7	5,6	2,1	1,7	7,8	— 3,0	27,5	25,7	24,2	25,8
7	0,7	2,5	—2,6	0,2	2,8	0,7	22,4	22,5	22,5	22,5
8	— 6,4	—1,7	—5,1	—4,4	—0,2	— 6,5	20,0	20,9	20,6	20,5
9	— 7,9	—4,6	—8,1	—6,9	—4,0	— 8,0	18,2	16,7	16,0	17,0
10	—10,4	—3,5	—8,4	—7,4	—1,0	—11,0	14,9	16,4	16,9	16,1
11	— 9,1	0,9	—4,3	—4,2	2,5	—10,4	16,4	17,2	18,7	17,4
12	— 4,3	1,8	—2,0	—1,5	6,0	— 9,0	16,4	16,9	18,7	17,3
13	— 4,1	2,4	—3,0	—1,6	4,5	— 4,5	18,0	17,6	17,7	17,8
14	— 2,9	—0,3	—2,5	—1,9	1,0	— 4,5	16,4	14,8	15,3	15,5
15	— 3,3	1,3	—2,6	—1,5	1,3	— 3,3	15,7	16,3	17,6	16,5
16	— 3,7	—1,9	—6,4	—4,0	—1,0	— 4,0	17,3	18,0	19,1	18,1
17	— 6,9	—6,3	—8,5	—7,2	—4,5	— 7,0	18,3	18,5	17,4	18,1
18	— 8,5	—2,3	—6,0	—5,6	0,0	— 9,5	16,2	14,5	15,3	15,3
19	— 4,8	0,2	—0,8	—1,8	3,0	— 7,0	14,5	13,7	14,0	14,1
20	— 1,1	1,6	0,0	0,2	4,0	— 1,1	13,1	13,4	14,8	13,8
21	— 2,1	2,9	—1,6	—0,3	6,0	— 2,1	15,1	15,4	16,7	15,7
22	— 3,5	4,7	—1,3	0,0	6,0	— 4,0	17,9	19,3	20,3	19,2
23	— 3,1	6,7	0,4	1,3	8,0	— 3,1	21,8	22,3	23,1	22,4
24	— 1,8	9,1	2,5	3,3	10,0	— 2,3	23,4	22,5	22,8	22,9
25	1,6	10,0	4,3	5,3	13,0	0,0	22,6	22,3	23,0	22,6
26	4,5	7,7	3,9	5,4	8,0	4,0	23,9	23,0	23,1	23,3
27	— 0,9	4,5	0,6	1,4	6,5	— 1,0	23,1	23,9	24,3	23,8
28	— 0,7	5,1	0,2	1,5	7,0	— 0,7	25,1	26,5	27,9	26,5
Moy.	—3,0	+ 2,6	—1,8	—0,7			719,9	720,0	720,5	720,1

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Calme.

Fréquence . 15 19 4 10 7 0 1 0 3

Vitesse . . 6.6 21.0 3.3 3.1 3.9 0 9.0 0

Extrêmes de température : + 13°.0 le 25 ; — 11°.0 le 10.

Extrêmes de pression : 728.6 le 5, de 1 à 9 h. pm. ; 713.1 le 20, à 7 h. am.

Nombre de jours de non-dégel 5 ; nombre de jours de gelée 24 ; nombre de jours au-dessous de 0° 14.

Périodes de froid continu du 8-10, 3 jours ; du 16 au 17, 2 jours.

Vent : Observations de 7 h. am. et 1 h. pm.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ . 6°.38' G. β . 46°31'. H. 555.8. h . 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
7 h.	1 h.	mm.						
—	—	—	—	—	Co.	Co.	Cl.	1
—	—	0,5	0,2	—	Cl.	Co.	Cl.	2
—	—	—	4,3	—	N.	Cl.	Cl.	3
—	—	—	9,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	4
—	—	—	9,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	5
—	—	0,5	6,1	—	Cl.	Cl.	Co.	6
—	—	—	8,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	7
—	—	—	9,2	—	Cl.	Cl.	Cl.	8
—	—	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	9
—	—	—	8,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	10
—	—	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	11
—	—	—	6,0	—	Cl.	N.	Cl.	12
—	—	—	4,1	—	N.	Cl.	N.	13
100	77	—	—	—	Co.	Co.	Co.	14
95	82	—	—	—	Co.	Co.	Co.	15
82	72	—	0,2	—	Co.	N.	Cl.	16
87	80	—	1,3	—	Co.	N.	Cl.	17
83	53	—	6,1	—	N.	Cl.	Cl.	18
95	68	—	1,1	—	N.	Co.	Co.	19
100	90	0,5	0,1	—	Co.	Co.	Co.	20
95	52	—	7,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	21
82	64	—	5,3	—	Cl.	Cl.	Cl.	22
88	62	—	9,2	—	Cl.	Cl.	Cl.	23
97	67	—	10,0	—	Cl.	Cl.	Cl.	24
100	62	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Co.	25
85	66	—	8,2	—	N.	Cl.	Cl.	26
97	65	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	27
100	69	—	9,1	—	Cl.	Cl.	Cl.	28
92,4	68,6	1,5	162,2	—				Moy.

		Dates;	1 ^{er}	4.	8.	11.	14.	18.	22.	25.
Température du sol	{	1 ^m	2,6	2,6	2,5	2,2	1,8	1,8	1,8	1,8
		0 ^m .5	2,2	2,5	2,4	1,9	1,4	1,4	1,4	1,4
		0 ^m .25	1,8	2,1	1,8	1,2	0,9	0,9	1,0	1,0

La neige est tombée deux jours, il y a eu 9 fois gelée blanche.

Minimum de température du sol 0°.9 à 0^m.25 du 14 au 18; minimum 1°.4 à 0^m.5 du 22 au 25.

Les heures de soleil sont exprimées en heures et quart d'heures, ainsi 9.2 signifie *neuf heures et demie*.

Somme des heures de soleil 162¹/₂, soit 58 % du maximum.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de MARS 1887.

Observateur: D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	1,1	7,2	2,6	3,6	6,0	-1,1	727,1	725,8	725,6	726,1
2	-0,3	6,5	-0,2	2,0	8,0	-1,0	25,4	25,7	25,8	25,6
3	-1,5	3,4	-0,2	1,7	6,0	-2,0	25,6	25,1	24,9	25,2
4	-0,9	6,1	1,7	2,3	9,0	-1,5	23,8	22,0	20,1	22,0
5	-0,3	5,0	0,3	1,6	7,0	-1,0	17,6	16,8	15,5	16,6
6	0,4	3,9	—	2,1	6,0	—	15,0	14,4	—	14,7
7	0,3	2,8	0,6	1,2	6,5	0,2	—	16,5	16,8	16,7
8	-1,1	5,9	3,7	2,8	8,0	-1,5	17,5	17,8	16,6	17,3
9	3,5	10,5	8,4	7,4	14,0	1,3	16,1	15,0	14,8	15,3
10	5,6	8,1	6,0	6,6	9,5	5,5	13,2	13,3	12,8	13,1
11	4,6	7,5	5,0	5,7	11,0	4,4	12,0	11,4	11,3	11,6
12	4,9	12,3	8,1	8,4	13,5	4,7	10,3	09,8	08,3	09,5
13	2,8	-4,4	-6,0	-2,5	3,0	2,2	07,8	08,5	08,1	08,1
14	-6,7	-4,7	-6,5	-5,9	-4,0	-7,3	06,0	06,5	07,0	06,5
15	-7,7	-4,7	-6,7	-6,4	-3,3	-8,5	05,5	05,4	04,6	05,2
16	-5,4	-3,1	-5,5	-4,7	-1,5	-6,3	02,0	02,6	04,8	03,1
17	-6,1	-2,9	-5,9	-4,9	0,0	-6,2	05,1	06,9	10,7	07,6
18	-6,8	-0,9	-7,0	-5,1	3,5	-7,0	12,2	14,2	16,0	14,1
19	-8,7	-0,7	-5,0	-4,8	3,0	-9,0	16,5	16,3	16,7	16,5
20	-3,3	-0,5	-0,5	-1,4	3,5	-4,0	15,3	16,0	15,2	15,5
21	1,2	2,3	3,0	2,1	5,5	-1,0	12,4	12,3	12,4	12,4
22	4,7	6,1	3,0	4,6	8,5	2,0	11,0	13,4	15,4	13,3
23	4,1	5,1	7,3	5,5	8,0	3,0	12,9	12,9	12,0	12,6
24	6,7	12,1	6,7	8,1	14,0	5,0	12,7	11,2	09,6	11,2
25	4,4	6,3	2,6	4,4	8,5	4,3	11,1	13,4	14,1	12,9
26	2,9	4,1	3,0	3,3	5,0	2,0	15,4	17,5	19,4	17,4
27	1,9	9,2	5,3	5,5	11,0	0,5	19,1	19,0	18,2	18,8
28	5,1	9,0	2,0	5,3	10,5	5,0	16,0	15,8	16,3	16,0
29	2,1	7,9	3,5	4,5	9,5	1,0	15,4	15,2	15,5	15,4
30	1,7	7,7	3,1	4,1	11,0	0,5	15,4	14,0	14,7	14,7
31	0,1	8,7	2,6	3,8	9,5	-1,0	15,0	14,8	12,5	14,1
Moy.	0,3	3,8	1,1	1,8			714,3	715,0	714,3	714,5

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Calme.

Fréquence . 19 4 6 11 3 11 4 4 9

Vitesse . . 9.0 11.8 4.6 3.3 2.2 8.2 8.9 5.1

Extrêmes de température: + 14 le 9 et le 24; - 9 le 19.

Extrêmes de pression: 727.1 le 1^{er}; 702.0 le 16. Variation 25.1.Température moyenne: $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 1^{\circ}6.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ . 6°.38'. G. β . 46°.31'. H. 555.8. h . 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evaporation	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
7 h.	1 h.	mm.		mm.		
100	70	—	9,0	—		1
95	78	—	6,0	—	Gélée blanche.	2
100	78	—	4,1	—	Brouillard, gelée blanche.	3
100	69	—	7,2	—	Id. id.	4
94	75	—	4,0	—	Gélée blanche.	5
100	75	—	1,3	—	Brouillard, le matin.	6
100	79	—	4,2	—	Id.	7
100	72	—	3,1	—		8
76	55	1,5	3,2	—		9
92	74	5,5	0,1	—		10
95	75	1,0	2,1	—		11
95	59	7,0	8,3	—		12
95	91	10,0	—	—	Neige.	13
85	76	7,0	—	—	15 c. neige sur le sol.	14
85	66	0,5	—	—	19 c. neige sur le sol.	15
84	71	7,0	—	—		16
96	57	2,0	—	—	12 c. neige depuis la veille.	17
92	46	—	6,3	—		18
80	55	2,0	10,3	—		19
94	68	11,5	—	—	Neige.	20
97	77	8,0	—	—	Dégel, pluie.	21
75	79	9,0	—	—	Pluie.	22
90	90	17,0	—	—	Id.	23
98	66	23,0	1,2	—	Id.	24
79	66	3,5	4,1	—	Id.	25
75	80	1,5	—	—	Id.	26
94	53	1,5	1,0	—		27
88	54	1,0	2,2	—	1 ^{re} hirondelle vue à Ouchy.	28
80	53	—	7,1	—		29
89	54	—	8,1	—		30
84	57	—	11,0	—		31
87	67	119,5	108,1			Moy.

Dates:		1 ^{er}	4.	8.	11.	15.	18.	22.	25.	29.
Température du sol	1 ^m	1.8	2.3	2.9	3.4	4.0	3.4	2.8	2.8	3.8
	0 ^m .5	2.0	2.8	3.5	4.8	4.6	3.4	2.7	4.0	5.2
	0 ^m .25	1.6	2.4	3.3	5.4	4.1	2.9	2.3	4.8	5.5

OBSERVATIONS. — Les heures de soleil sont indiquées en *heures et quart d'heures*, ainsi 3.2 signifie 3 heures et demie.

L'humidité relative est observée au moyen de l'hygromètre à cheveu, modèle de Kopp, construit par Hottinger, à Zurich.

La vitesse du vent est exprimée en kilomètres par heure, elle est mesurée par l'anémomètre de Robinson. La force et la direction du vent ont été observées à 7 h. et à 1 h.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'AVRIL 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	2,5	6,0	1,7	3,4	8,0	-0,5	703,3	701,6	703,5	702,8
2	0,7	10,7	6,5	6,0	8,0	0,0	05,0	08,9	09,2	07,7
3	3,7	13,1	9,0	8,6	15,5	2,5	12,2	13,5	13,9	13,2
4	4,9	13,3	8,8	9,0	17,5	2,5	13,6	10,6	07,8	10,7
5	8,4	11,8	8,0	9,4	14,0	7,0	04,3	02,8	01,2	02,8
6	6,3	10,0	7,8	8,0	12,5	5,5	01,3	01,2	698,9	00,5
7	6,7	15,0	7,2	9,6	16,5	5,0	698,4	00,9	703,2	00,8
8	6,1	8,9	6,2	7,1	10,0	5,5	704,4	05,8	07,4	05,9
9	4,7	8,3	6,4	6,5	10,0	4,5	08,3	09,3	10,0	09,2
10	2,7	12,3	—	—	15,5	1,5	11,2	11,5	12,5	11,7
11	5,0	12,8	8,4	8,7	16,0	3,0	14,1	14,8	15,8	14,9
12	7,1	15,2	9,8	10,7	16,5	6,0	16,3	15,6	16,0	16,0
13	6,7	11,8	9,8	9,4	14,5	6,5	15,1	13,4	12,3	13,6
14	6,1	5,9	1,1	4,4	7,0	6,1	10,6	10,9	12,4	11,3
15	-1,7	1,1	-0,7	-0,4	3,0	-2,0	12,8	14,9	17,0	14,9
16	-0,5	0,7	-2,6	-0,8	6,5	-2,0	17,3	17,5	19,6	18,1
17	-2,7	2,9	-0,8	-0,2	4,0	-3,5	18,8	18,9	19,0	18,9
18	-0,1	6,7	6,0	4,2	10,5	-3,0	18,8	18,9	18,2	18,6
19	3,3	12,0	9,2	8,2	16,0	1,0	18,2	18,5	18,3	18,3
20	9,7	15,8	12,0	12,5	19,0	3,0	18,0	15,4	13,8	15,7
21	9,5	18,0	13,3	13,6	20,0	6,5	12,6	10,0	08,0	10,2
22	9,7	17,9	13,1	13,6	21,0	5,5	08,0	07,6	07,4	07,7
23	9,4	18,1	14,4	14,0	21,0	6,0	07,1	06,3	06,2	06,5
24	12,8	16,9	8,4	12,7	19,5	7,5	07,0	08,1	12,1	09,1
25	7,0	12,5	9,4	9,6	13,0	7,0	14,0	14,7	14,5	14,4
26	6,0	7,3	4,8	6,0	11,0	6,0	15,3	16,6	18,0	16,6
27	6,8	13,8	7,8	9,5	16,0	2,0	17,8	17,2	17,1	17,4
28	9,3	18,3	12,5	13,4	20,5	5,0	16,6	15,2	13,9	15,2
29	12,9	20,0	12,8	15,2	21,5	11,0	14,8	13,2	13,8	13,9
30	11,2	14,5	9,5	11,7	18,5	10,5	14,3	12,7	14,1	13,7
Moy.	5,8	11,7	7,6	8,4	—	—	711,7	711,6	711,8	711,7

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Calme.

Fréquence . . 7 12 6 12 10 4 5 4 7

Vitesse . . 3.6 22.7 4.3 3.0 5.3 9.1 11.0 12.4

Extrêmes de température : + 21°.5 le 29; le 17 -3°.5.

Extrêmes de pression : 719.6 le 16 et le 7 698.4. Variation 21.2.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 8.1.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°.38' G. β. 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
7 h.	1 h.	mm.				
82	65	—	—	—		1
100	61	—	8,2	—	Gelée blanche.	2
85	57	—	11,2	—	Id.	3
82	57	—	11,2	—	Rosée.	4
73	67	1,0	2,0	—		5
92	69	—	—	—		6
88	58	11,5	5,2	—	Rosée, tonn ^{re} à 5.15, grêle 5.25.	7
94	75	—	6,2	—		8
79	63	—	0,2	—		9
82	60	—	10,2	—	Rosée.	10
77	59	—	7,1	—	Id.	11
82	49	2,0	6,2	—	Id.	12
93	60	7,0	2,1	—		13
100	82	13,0	—	—		14
85	61	—	7,3	—	Neige.	15
64	86	4,5	6,2	—	Neige après-midi, bise.	16
72	61	—	10,2	—	Bise très forte.	17
70	57	—	11,2	—		18
84	53	—	11,1	—		19
65	47	—	11,3	—		20
76	50	—	9,3	—		21
74	49	—	11,3	—		22
69	46	—	9,0	—		23
69	50	13,0	4,0	—	Orage à 5 h., éclairs à l'W.	24
92	65	12,5	5,1	—		25
96	85	7,0	3,3	—	Brouillard à 7 h.	26
65	51	—	12,2	—		27
65	43	—	4,2	—		28
60	44	1,5	6,1	—		29
69	69	1,5	0,0	—		30
79,5	60	74,5	198,2	—		Moy.

Dates :		1.	5.	8.	12.	15.	19.	22.	24.	26.	29.
Tempé- rature du sol	1 ^m	4.1	5.2	6.0	6.8	7.2	6.6	7.4	8.0	8.4	9.1
	0 ^m .5	4.2	7.3	8.2	8.8	8.8	7.4	9.5	10.4	10.7	10.6
	0 ^m .25	5.2	8.4	9.2	9.6	7.8	6.8	10.5	11.6	11.2	12.1

OBSERVATIONS. — Les heures de soleil sont indiquées en *heures et quarts d'heure*.

La direction et la force du vent ont été observées à 7 h. et à 1 h.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de MAI 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	9,1	17,9	15,6	14,2	18,0	8,0	714,3	712,9	710,3	712,5
2	13,3	20,5	15,7	16,5	23,0	?	08,8	07,8	06,7	07,8
3	15,2	17,8	13,3	15,4	22,0	12,5	08,4	07,9	04,2	06,8
4	9,8	17,6	12,9	13,4	19,5	8,0	09,2	10,2	10,5	10,0
5	13,7	20,0	13,3	15,7	22,0	8,5	10,5	06,3	06,5	07,8
6	9,8	18,1	10,7	12,9	20,0	9,0	13,2	14,1	15,1	14,1
7	8,9	9,7	7,4	8,7	11,0	8,9	15,0	16,0	17,3	16,1
8	7,1	10,0	6,8	8,0	11,0	7,1	18,4	20,1	20,1	19,5
9	8,0	13,9	10,0	10,6	15,0	6,0	19,1	19,0	20,0	19,4
10	10,7	17,7	11,5	13,3	21,0	9,0	19,0	18,9	17,5	18,5
11	11,3	17,6	10,9	13,3	20,0	8,0	17,4	17,0	15,4	16,6
12	8,1	11,2	7,8	9,0	15,0	8,0	15,0	15,2	13,2	14,5
13	7,5	9,8	5,1	7,5	12,0	7,0	11,5	11,4	09,6	10,8
14	2,9	4,7	3,6	3,7	7,0	2,5	09,5	08,7	10,5	09,6
15	7,8	12,8	7,0	9,2	14,0	2,0	10,6	10,5	11,5	10,9
16	8,3	15,1	6,4	9,9	16,5	4,5	12,6	13,4	13,7	13,2
17	7,1	14,6	7,2	9,6	17,0	6,4	14,5	12,6	13,4	13,5
18	7,4	14,5	8,5	10,1	16,0	7,0	13,6	14,3	14,3	14,1
19	7,6	10,7	7,5	8,6	12,0	7,0	14,3	14,6	14,6	14,5
20	8,0	12,3	8,1	9,5	14,5	3,5	13,0	10,6	08,7	10,8
21	8,2	5,2	2,1	5,2	10,5	2,5	11,6	11,5	10,2	11,1
22	2,9	5,8	3,4	4,0	7,5	1,5	08,8	09,7	11,6	10,0
23	2,7	10,6	5,6	6,3	11,5	1,5	11,0	12,3	15,0	12,8
24	7,3	12,1	6,1	8,5	13,5	3,0	16,0	16,8	15,9	16,2
25	7,0	8,1	6,5	7,2	14,0	2,5	13,9	12,9	11,9	12,9
26	6,3	12,2	8,2	8,9	15,5	4,5	11,7	11,7	10,5	11,3
27	6,9	9,0	9,0	8,3	11,0	6,5	09,0	10,6	11,7	10,4
28	9,3	17,0	13,0	13,1	18,0	4,0	10,8	11,4	10,4	10,9
29	13,4	19,1	14,2	15,6	19,0	9,0	09,9	11,1	11,6	10,9
30	12,1	18,2	15,9	15,4	21,5	11,5	12,4	12,6	14,1	13,0
31	16,3	20,9	16,8	18,0	22,0	13,5	14,3	14,1	13,3	13,9
Moy.	8,8	13,7	9,4	10,6			712,8	712,8	712,6	712,7

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Calme.

Fréquence . 14 4 9 5 11 6 8 5 3

Vitesse . . 12,1 17,9 3,9 3,8 5,3 8,7 10,0 6,3

Extrêmes de température : Max. de 23° le 2 mai ; min. de + 1°5 les 22 et 23.

Extrêmes de pression : 720.1 le 8 ; 704.2 le 3. Amplitude 15.9.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 10^{\circ}4.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°.38'. G. β. 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H' 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
7 h.	1 h.	mm.				
?	?	—	2,1	—		1
?	?	—	8,1	—		2
82	57	7,0	5,0	—	Orage de 10 h. p. m. à minuit, } grêle à 10 h. 45. }	3
73	50	—	10,1	—		4
72	56	1,5	9,0	—	Orage au SW. et NW. depuis } 8 h. p. m. }	5
93	56	15,0	7,2	—		6
100	80	11,5	—	—		7
?	72	—	1,3	—		8
81	63	—	12,2	—		9
75	59	—	10,1	—		10
82	40	1,0	7,0	—		11
97	68	1,0	0,2	—		12
85	54	1,0	0,1	—		13
85	92	0,5	8,3	—		14
66	57	2,0	0,1	—		15
81	53	0,5	8,3	—		16
95	60	7,0	7,1	—		17
95	60	1,0	—	—		18
100	65	5,5	4,3	—		19
86	63	0,5	1,3	—		20
60	75	3,5	6,0	—	Neige abondante le soir.	21
99	75	2,0	1,2	—		22
100	61	6,0	5,3	—		23
85	60	—	2,2	—		24
89	74	1,0	2,1	—		25
90	69	0,5	3,2	—		26
95	80	—	0,2	—		27
85	56	0,5	10,0	—		28
72	62	—	3,0	—		29
100	70	1,5	3,3	—		30
83	62	—	2,1	—		31
85,9	63,8	70,0	147,0	—		Moy.

		Dates :	3.	6.	10.	13.	17.	20.	24.	27.	31.
Température du sol	1 ^m		10.0	11.0	10.2	11.2	11.0	11.2	10.8	10.4	10.8
	0 ^m .5		12.8	13.8	13.0	13.2	12.6	12.6	11.6	11.4	13.0
	0 ^m .25		14.3	14.6	12.6	13.0	12.2	12.2	10.6	11.2	14.4

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JUIN 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	17,3	23,0	17,8	19,4	24,5	13,0	713,9	710,1	709,8	711,3
2	14,9	17,9	8,8	13,9	20,0	11,5	06,0	05,7	06,9	06,2
3	9,5	11,0	11,2	10,6	15,5	8,8	09,3	12,3	14,7	12,1
4	12,5	19,9	14,8	15,7	22,0	8,5	15,7	16,1	17,0	16,3
5	14,9	21,0	15,0	17,0	24,0	12,5	17,0	17,1	16,4	16,8
6	15,3	22,1	15,8	17,7	23,5	12,5	17,0	16,9	16,6	16,8
7	15,3	22,9	16,4	18,2	25,5	11,0	16,0	15,9	15,9	15,9
8	16,3	23,5	19,8	19,9	26,0	12,0	16,7	17,5	16,7	17,0
9	18,3	25,3	20,3	21,3	28,0	13,5	18,5	17,9	18,5	18,3
10	18,8	24,5	15,9	19,7	26,5	15,5	18,4	17,5	18,5	18,1
11	12,6	19,1	10,6	14,1	20,5	11,0	18,0	18,1	18,2	18,1
12	13,2	20,9	17,4	17,2	23,5	9,0	18,0	17,9	16,8	17,6
13	15,7	23,5	20,3	19,8	25,0	11,0	18,3	17,6	17,7	17,9
14	18,0	26,5	17,9	20,8	29,0	13,0	19,6	19,4	18,6	19,2
15	20,1	27,1	?	—	29,5	15,5	20,2	19,0	18,4	19,2
16	18,8	26,6	21,4	22,3	28,0	15,5	18,8	17,6	16,3	17,6
17	18,0	23,6	17,6	19,7	24,0	15,5	16,7	15,4	15,0	15,7
18	14,1	22,6	15,9	17,5	23,0	11,5	15,4	14,3	14,0	14,6
19	14,5	23,2	19,6	19,1	26,0	10,5	15,6	15,6	14,7	15,3
20	15,9	25,1	20,9	20,6	27,5	12,5	16,0	16,3	14,5	15,6
21	18,4	23,1	12,3	17,9	25,0	14,0	14,7	15,1	14,4	14,7
22	11,4	20,4	17,2	16,3	22,5	8,6	13,0	13,1	13,8	13,3
23	14,6	23,3	19,7	19,2	25,5	11,0	15,8	15,7	15,1	16,5
24	17,1	25,8	19,6	20,8	27,5	12,5	16,0	15,8	15,4	15,7
25	19,4	15,6	16,6	17,2	22,0	15,5	16,4	17,7	16,6	16,9
26	17,3	20,6	16,3	18,1	23,0	14,5	15,7	15,6	14,7	15,3
27	16,7	23,3	19,0	19,7	24,5	14,5	13,9	13,6	14,3	13,9
28	18,0	25,7	17,6	20,4	26,5	14,5	15,0	15,4	16,4	15,6
29	13,3	16,4	11,7	13,8	17,5	12,5	17,3	16,7	16,9	17,0
30	12,1	20,5	18,2	16,9	23,0	10,0	715,9	715,8	715,6	715,8
Moy.	15,7	22,1	16,7	18,2	—	—	716,0	715,8	715,6	715,8

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Calme.

Fréquence . 18 5 12 5 13 0 3 4 2

Vitesse . . 13,0 15,1 3,6 3,8 5,4 — 3,7 3,5

Extrêmes de température : max. + 29°.5 le 15; min. le 4 et le 22 8°.5.

Extrêmes de pression : max. 720.2 le 15; min. 705.7 le 2.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 17.8.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ . 6°.38' G. β . 46°31'. H. 555.8. h . 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS	Date.
7 h.	1 h.	mm.				
83	58	0.5	9,3	—		1
92	72	—	0,1	—		2
100	79	28,5	2,1	—		3
72	52	1,0	7,3	—		4
80	52	0,5	8,0	—		5
80	53	—	9,0	—		6
80	58	—	13,2	—		7
79	60	—	13,2	—		8
82	55	—	13,2	—		9
75	53	—	13,1	—		10
80	54	—	13,1	—		11
80	59	—	12,3	—		12
80	61	—	13,2	—		13
78	55	—	13,2	—		14
77	57	—	12,1	—		15
83	58	—	13,2	—		16
76	62	—	11,3	—		17
76	55	—	13,2	—		18
82	61	—	13,2	—		19
68	52	—	12,1	—		20
68	42	—	13,1	—		21
74	52	—	13,0	—		22
84	58	—	13,2	—		23
81	55	—	13,1	—		24
74	100	—	2,0	—		25
83	66	6,0	5,2	—		26
82	56	—	13,0	—		27
76	44	—	9,3	—		28
79	56	—	8,1	—		29
82	61	—	13,1	—		30
82.9	58.5	36,5	325,1	—		Moy.

		Dates :	3.	7.	10.	14.	18.	21.	24.	28.
Température du sol	{	1 ^m	11,7	13.2	14.5	15.8	16.6	17.3	17.6	17.6
		0 ^m .5	14.2	16.2	17.6	19.3	20.6	20.6	20.6	20.4
		0 ^m .25	14.6	17.4	20.6	20.4	22.0	21,9	21,5	21,2

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de JUILLET 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	16,8	24,8	19,9	20,5	27,0	15,0	715,8	715,6	715,4	715,6
2	17,8	25,9	20,7	21,5	28,0	14,5	16,8	17,3	17,4	17,2
3	17,6	26,6	21,9	22,0	31,5	15,5	17,8	17,2	16,5	17,2
4	20,7	28,1	21,8	23,5	30,5	15,5	16,4	15,4	14,1	15,3
5	20,9	24,9	15,7	20,5	27,0	17,5	13,3	12,2	12,3	12,6
6	17,1	18,7	14,7	16,8	26,0	15,5	12,4	13,4	15,6	13,8
7	12,4	21,3	16,3	16,7	25,5	10,5	17,5	16,9	16,9	17,1
8	15,9	23,7	17,0	18,9	29,0	11,5	17,7	17,7	16,6	17,3
9	19,7	24,8	19,0	21,2	27,5	15,0	16,6	16,6	16,5	16,6
10	16,0	18,9	17,9	17,6	22,5	16,0	16,4	16,7	16,7	16,6
11	17,7	23,0	18,2	19,2	26,0	16,5	16,7	16,7	16,5	16,6
12	19,3	25,9	21,2	22,1	28,0	16,5	16,6	15,9	14,3	15,6
13	19,3	26,5	20,3	22,0	28,3	16,5	14,5	14,4	15,1	14,7
14	19,2	26,7	20,5	22,1	27,3	16,5	16,4	16,4	17,2	16,7
15	20,0	28,3	19,3	22,5	28,7	16,5	17,2	16,4	16,1	16,6
16	18,9	24,1	18,1	20,4	24,8	17,5	16,3	17,2	16,4	16,6
17	16,1	23,3	17,1	18,8	23,6	14,5	15,3	13,4	12,5	13,7
18	16,1	18,5	18,0	17,5	19,9	15,0	12,5	12,4	13,4	12,8
19	17,9	25,6	20,4	21,3	27,1	15,0	12,6	12,4	13,2	12,7
20	18,0	22,1	18,3	19,5	23,6	17,1	14,9	14,6	14,7	14,7
21	18,6	26,0	22,0	22,2	26,6	16,5	16,2	15,5	14,3	15,3
22	19,5	23,5	16,6	19,9	26,1	18,5	16,1	15,5	16,3	16,0
23	18,3	23,3	18,0	19,9	24,3	15,0	17,3	18,2	17,6	17,7
24	16,6	23,9	?	20,2	25,8	13,5	15,4	14,5	13,5	14,5
25	19,0	24,7	18,6	20,8	27,1	15,5	12,4	11,4	10,6	11,5
26	16,8	22,9	18,7	19,5	25,0	16,5	11,6	10,6	11,7	11,3
27	19,3	26,3	19,2	21,6	26,8	15,0	13,5	14,4	16,4	14,8
28	19,7	26,7	21,5	22,6	27,7	15,5	17,5	17,3	16,8	17,2
29	19,5	26,8	21,9	22,7	28,5	17,0	17,2	17,1	17,2	17,2
30	22,1	27,9	22,2	24,1	30,0	17,0	16,8	15,8	15,8	16,1
31	20,1	28,3	21,3	23,2	28,8	18,0	16,2	16,0	16,1	16,1
Moy.	18,3	24,6	19,2	20,7			715,6	715,3	715,3	715,4

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme.
Fréquence .	2	7	6	10	9	20	6	2	9
Vitesse . .	5.25	6.00	3.95	6.00	4.5	5.8	4.7	3.45	

Extrêmes de température : + 31° 5 le 3; + 10° 5 le 7.

Extrêmes de pression : 718.2 le 23; 710.6 le 26.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 20.3.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°.38'. G. β. 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date:
7 h.	1 h.	mm.						
82	57	—	13,2	—	1	1	0	1
85	57	—	10,2	—	0	3	8	2
85	57	—	13,3	—	0	0	0	3
74	48	—	10,3	—	0	0	3	4
74	62	—	4,3	—	3	5	10	5
93	57	21,0	3,1	—	9	9	2	6
79	57	—	13,1	—	0	0	0	7
80	57	—	13,3	—	0	0	0	8
74	57	—	6,1	—	2	8	6	9
—	80	1,5	—	—	10	8	4	10
96	63	11,0	3,3	—	6	3	1	11
83	54	—	14,0	—	0	1	0	12
85	62	—	10,2	—	0	3	9	13
76	61	0,5	12,2	—	5	5	1	14
85	58	—	11,0	—	0	5	8	15
94	58	2,0	6,2	—	9	6	0	16
87	65	—	8,2	—	1	4	10	17
98	95	1,0	1,0	—	10	10	6	18
86	66	1,5	10,0	—	6	2	9	19
80	78	0,5	1,2	—	10	8	4	20
100	62	—	8,3	—	10	2	4	21
98	74	—	4,3	—	9	3	9	22
82	57	18,0	13,3	—	4	2	2	23
86	68	—	7,2	—	0	3	3	24
81	62	4,0	6,2	—	1	9	8	25
100	68	2,5	4,3	—	9	7	8	26
94	54	—	7,0	—	6	8	7	27
86	65	—	12,2	—	3	2	2	28
86	66	—	12,2	—	1	0	0	29
85	60	19,0	10,3	—	0	3	7	30
84	50	—	10,2	—	5	2	5	31
85.8	62.6	62,5	268,1	—	4,2	4,0	4,4	Moy.

Dates: 1^{er} 5. 8. 12. 15. 19. 22. 25. 29.

Température du sol	1 ^m	17.7	18.4	18.3	18.4	19.0	19.1	18.8	19.2	19.4
	0 ^m .5	20.3	20,6	—	—	—	—	—	21.2	21.7
	0 ^m .25	20.6	23.0	20.4	21.4	22.8	21.2	22.4	22.0	22.9

OBSERVATIONS. — Le 13, éclairs à P'W depuis 8 h. — Le 14, orage à P'W à 1 h., au NW à 4 h., à 7 h. sur la ville. — Le 21, éclairs à P'W à 10 h. p. m. — Le 22, orage à 4 h. 10, passe sur la ville à 4 h. 40, grêle à 4 h. 50, orage marche au NW, s'éloigne à 5 h. 30. — Le 30, éclairs depuis 9 h. p. m., orage à 10 h. 45, marche du NW au SE. — Le 31, éclairs au S et à P'W à 8 h.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'AOUT 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	21,5	23,4	20,4	21,8	27,0	18,0	717,2	717,0	717,4	717,2
2	19,3	25,5	21,0	21,9	27,1	16,5	17,3	16,3	16,4	16,7
3	18,5	22,7	17,9	19,7	23,0	16,0	17,1	17,2	17,3	17,2
4	13,8	21,7	16,5	17,3	24,0	12,0	17,2	16,4	16,3	16,6
5	14,1	22,6	19,6	18,8	25,2	12,0	17,3	15,9	15,5	16,2
6	16,8	25,1	?	21,0	27,0	13,5	17,3	17,3	16,4	17,0
7	19,5	28,0	19,8	22,4	30,0	15,5	19,1	19,0	18,4	18,8
8	19,3	29,1	23,1	23,8	30,1	16,0	20,1	19,3	19,1	19,5
9	21,3	30,2	22,0	24,5	31,0	16,5	19,1	18,2	16,5	17,9
10	18,7	28,0	18,5	21,7	28,1	16,0	15,1	13,4	12,4	13,6
11	14,7	23,3	16,6	18,2	26,3	12,5	12,3	11,4	10,6	11,4
12	13,6	22,8	15,8	17,4	23,7	11,0	11,4	11,4	10,5	11,1
13	16,5	17,9	14,9	16,4	21,1	13,0	10,5	10,7	10,6	10,6
14	16,7	20,3	15,0	17,3	23,1	14,9	09,8	10,6	12,8	11,1
15	15,4	22,3	15,8	17,8	24,0	12,5	13,6	12,7	11,7	12,7
16	16,6	14,6	13,6	14,9	16,6	14,5	09,8	11,7	12,7	11,4
17	15,8	19,3	11,9	15,7	21,4	13,7	12,7	12,7	11,7	12,4
18	8,9	11,5	9,6	10,0	12,5	8,9	09,8	09,9	12,2	10,6
19	9,5	13,2	?	11,3	16,4	9,5	13,5	13,2	13,3	13,3
20	11,5	11,6	10,1	11,1	12,0	8,0	10,4	09,3	07,7	9,1
21	8,2	10,9	10,4	9,8	11,0	7,6	09,8	11,9	14,6	12,1
22	10,1	17,9	13,0	13,4	17,2	8,0	14,8	15,1	15,0	15,0
23	11,0	18,3	13,1	14,1	20,8	8,5	15,3	15,1	14,8	15,1
24	13,1	21,9	15,8	16,9	23,2	10,0	14,7	14,0	13,3	14,0
25	15,4	23,5	17,2	18,7	24,0	13,0	13,4	13,3	12,8	13,2
26	16,1	24,6	17,7	19,5	26,4	13,5	13,3	13,6	12,9	13,3
27	17,4	23,7	18,9	20,0	25,8	14,5	13,7	13,8	12,9	13,5
28	17,7	23,9	18,7	20,1	26,0	15,6	13,0	12,6	11,5	12,4
29	15,3	21,9	15,9	17,7	23,0	15,0	13,6	14,7	15,0	14,4
30	15,6	21,8	17,1	18,2	24,0	12,5	15,5	15,7	14,9	15,4
31	17,1	24,7	18,1	20,0	26,0	13,5	713,8	713,4	714,4	713,9
Moy.	15,5	21,5	16,5	17,9			714,2	714,1	714,0	714,1

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Calme.

Fréquence . 6 11 5 10 8 14 4 4 6

Vitesse . . 7.4 3.8 1.2 4.65 5.3 11.2 6.4 8.9

Extrêmes de température : max. le 9 à 3 h., 31.0; min. le 21 à 5 h. m. 7.6.

Extrêmes de pression : maximum le 8 à 9 h. mat., 720.2; — minimum le 20 à 12 h. nuit, 707.7.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 17^{\circ}.5$.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ . 6°38'. G. β . 46°31'. H. 555,8. h . 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
7 h.	1 h.							
88	75	—	7,3	2,2	5	7	2	1
84	70	—	7,2	3,7	4	2	1	2
81	60	—	10,1	5,0	3	0	0	3
81	62	—	13,3	3,3	0	0	0	4
88	69	—	11,0	2,9	1	0	0	5
85	58	—	12,0	2,3	0	1	0	6
94	48	—	12,3	3,7	0	3	0	7
84	52	—	12,3	4,1	0	3	2	8
79	43	—	13,0	5,1	0	0	0	9
84	48	—	11,0	4,3	0	0	0	10
75	57	—	12,3	4,8	0	0	0	11
79	62	—	12,2	3,0	0	0	2	12
94	96	24,5	0,3	0,3	8	10	10	13
100	73	—	5,2	2,0	10	7	0	14
85	66	—	11,2	2,7	1	1	2	15
92	100	32,5	0,0	0,2	8	10	10	16
95	66	16,0	6,2	2,1	9	5	10	17
100	81	23,5	0,0	0,1	10	10	10	18
100	73	3,0	3,2	1,0	9	8	5	19
85	92	34,0	0,0	0,3	8	10	10	20
92	92	10,0	0,0	0,6	10	10	10	21
85	55	—	12,3	2,4	1	1	0	22
85	60	—	11,3	1,7	0	0	0	23
82	55	—	12,3	1,9	0	0	0	24
72	54	—	9,1	2,0	0	5	0	25
82	56	—	11,3	2,0	0	3	0	26
90	60	—	11,1	1,4	0	2	0	27
91	60	4,0	5,2	1,7	2	8	9	28
89	54	—	8,2	1,9	9	5	0	29
88	54	—	11,3	2,0	0	0	0	30
78	49	2,0	10,2	—	0	4	10	31
86,7	64,5	149,5	270,2	71,0				Moy.

Dates :		2.	5.	9.	12.	16.	19.	23.	26.	30.
Tempé- rature du sol.	1 ^m	20.0	20.0	20.3	20.5	19.4	18.4	17.0	17.0	18.0
	0 ^m .5	22.2	21.8	22.5	22.4	20.4	18.0	16.7	18.0	19.4
	0 ^m .25	23.2	21.8	23.2	22.4	20.4	17.0	15.9	19.4	19.9

OBSERVATIONS. — Le 1^{er} orage lointain, depuis 11 h., à l'W et NW; à 1 h. 10, coup de tonnerre rapproché; orageux jusqu'à 5 h. p. m. — Le 3, éclairs au SE, à 9 h. p. m. — Le 13, orage près de Morges, éclairs et quelques coups de tonnerre. — Le 16, orage à 8 h. 50, tonnerre depuis 8 h. 10 a. m.; marche de l'orage du SW au NW; orage à 6 h. p. m. — Le 28, orage à 10 h. p. m. — Le 30 août, rosée.

L'évaporation est mesurée au moyen de l'évaporimètre de Wild.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois de SEPTEMBRE 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	15,2	22,7	18,3	18,7	24,0	15,0	713,8	713,3	711,8	713,0
2	17,4	23,0	15,7	18,7	24,5	16,0	10,7	10,7	13,8	11,7
3	15,4	21,1	16,7	17,7	21,7	14,0	15,1	15,6	14,6	15,1
4	16,8	21,9	15,3	18,0	24,2	15,0	13,6	14,0	13,4	13,7
5	15,5	18,6	16,9	17,0	21,7	14,0	12,9	13,6	13,6	13,4
6	16,8	22,9	16,2	18,6	25,9	15,0	13,2	12,4	11,0	12,2
7	16,4	19,2	13,5	16,4	20,0	13,5	10,6	13,0	16,6	13,4
8	13,5	14,1	12,7	13,4	15,0	13,0	17,0	18,2	18,3	17,8
9	12,6	16,9	12,6	14,0	18,7	12,5	17,5	17,7	17,4	17,5
10	12,4	19,0	12,1	14,5	20,0	11,0	16,3	16,3	16,0	16,2
11	11,9	19,4	14,8	15,4	20,2	9,5	14,5	13,7	12,5	13,6
12	12,3	19,6	13,7	15,2	20,9	11,5	11,0	10,5	09,9	10,5
13	12,5	18,6	13,3	14,8	19,8	12,5	10,0	10,3	11,2	10,5
14	8,3	16,7	12,2	12,4	18,5	6,5	12,9	13,1	14,2	13,4
15	9,6	17,0	9,8	12,1	18,1	8,5	15,6	16,2	16,7	16,2
16	8,6	18,0	10,6	12,4	19,8	7,5	17,4	17,6	17,2	17,4
17	11,6	19,8	14,0	15,1	20,3	9,5	17,3	16,9	17,0	17,1
18	11,2	21,1	13,3	15,2	22,0	9,5	17,9	16,8	16,8	17,2
19	12,2	15,4	10,4	12,7	18,7	12,2	16,6	16,7	15,2	16,2
20	10,9	14,5	11,5	12,3	15,0	9,5	12,8	12,6	12,4	12,6
21	10,1	16,1	9,6	11,9	17,0	10,0	13,0	12,3	13,3	12,9
22	6,2	14,1	9,2	9,8	16,0	5,5	16,0	16,2	17,4	16,5
23	8,3	16,1	11,3	11,9	18,3	6,5	17,4	18,0	17,9	17,8
24	8,4	13,7	9,8	10,6	14,5	7,5	17,7	16,4	16,1	16,7
25	5,6	13,3	8,1	9,0	14,5	4,5	14,9	14,6	13,6	14,4
26	6,6	13,9	6,9	9,1	15,3	4,5	13,0	11,3	08,8	11,0
27	7,1	15,6	10,6	11,1	16,5	5,0	06,5	04,2	703,2	04,6
28	8,2	13,3	9,4	10,3	15,0	7,5	02,4	01,8	699,8	01,3
29	6,5	13,6	8,2	9,4	14,6	6,5	00,3	01,0	701,8	01,0
30	7,0	11,9	6,8	8,6	—	6,5	04,3	06,4	709,4	06,7
Moy.	11,2	17,3	12,1	13,5	—	—	713,1	713,0	713,0	713,0

Vents . . . N. NE. E. SE. S. SW. W. NW. Calme.

Fréquence . . 10 9 3 4 10 9 6 9 3

Vitesse . . 13.3 6.2 1.6 5.5 5.1 11.3 12.3 6.9

Extrêmes de température : 25°.9 le 6; 4°.5 les 25 et 26.

Extrêmes de pression : 718.3 le 8, à 9 h.; 699.8 le 28, à 9 h.

Amplitude : 18.5.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 13.2.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°.38' G. β. 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
7 h.	1 h.	mm.						
90	58	0	8,3	1,1	10	1	3	1
84	54	3,5	5,1	1,2	1	9	10	2
80	57	0	0	1,0	10	9	10	3
89	56	0,5	3,0	1,0	10	8	10	4
79	65	31,5	3,0	1,7	10	9	10	5
80	56	0	7,0	2,1	2	3	2	6
79	69	13,0	0	0,9	9	10	10	7
79	74	2,5	0	1,0	10	10	10	8
87	64	0	2,0	1,0	10	8	2	9
84	58	0	5,1	1,1	8	3	0	10
83	54	0	10,0	1,9	0	2	9	11
82	52	0	10,1	1,4	1	2	4	12
70	52	0	5,2	2,6	9	4	8	13
85	45	0	10,1	1,4	0	1	3	14
85	51	0	7,3	1,7	9	1	0	15
91	52	0	10,3	1,2	0	0	0	16
91	55	0	11,1	1,7	0	1	0	17
80	52	9,0	10,2	1,2	0	1	1	18
81	50	0	4,1	2,8	6	5	3	19
80	71	0	8,2	2,4	7	2	0	20
84	58	0	11,1	3,7	1	0	0	21
85	62	0	9,0	3,7	1	0	1	22
95	60	0	11,0	0,9	1	0	0	23
82	64	0	8,3	1,2	0	1	0	24
82	56	0	10,2	1,8	0	0	0	25
84	62	0	7,1	2,3	8	0	0	26
95	56	0	5,2	0,9	10	4	2	27
86	57	0,5	2,1	1,1	6	7	10	28
90	52	3,5	6,2	1,8	9	6	8	29
90	—	4,5	5,1	1,1	7	3	2	30
80,4	55,7	68,5	200,1	48,9				Moy

Dates:		2.	6.	9.	13.	16.	20.	23.	28.
Tempé- rature du sol	1 ^m	18.4	18.9	17.8	17.4	16.8	16.6	16.2	15.4
	0 ^m .5	19.8	19.0	18.0	17.8	17.0	16.2	16.2	15.2
	0 ^m .25	20.7	19.2	17.4	17.8	16.8	15.3	15.3	14.3

OBSERVATIONS.— Le 4, orage à 8 h. a. m., marchant de l'W à l'E.; à 2 h. p. m., tonnerre; à 5 h., orage à l'W; à 5 h. 15, sur la ville, grêle avec pluie.—
Le 19, éclairs à E et SE, à 7 h. p. m.

La rosée a été observée à 7 h., les 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 26 et 27.

Station centrale d'essais viticoles.

Mois d'OCTOBRE 1887.

Observateur : D. VALET.

Date.	Thermomètre.						Baromètre à zéro.			
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes	Maxim.	Minim.	7 h.	1 h.	9 h.	Moyennes
1	6,8	14,5	9,3	10,2	15,0	4,5	711,4	—	—	—
2	6,1	13,9	8,7	9,6	15,7	6,0	14,6	715,6	715,8	715,3
3	5,6	14,4	9,4	9,8	15,4	4,5	17,0	17,2	16,7	17,0
4	6,1	12,0	7,9	8,7	12,9	5,0	15,8	14,9	13,9	14,9
5	7,7	12,1	7,6	9,1	13,0	7,0	12,7	13,0	12,9	12,9
6	7,9	10,8	8,6	9,1	11,2	7,6	12,0	12,0	12,0	12,0
7	8,1	11,0	9,7	9,6	15,0	7,5	11,5	10,5	10,4	10,8
8	8,6	13,3	8,8	10,2	16,3	8,0	10,5	10,3	10,3	10,4
9	8,1	14,3	10,1	10,8	15,6	6,5	09,6	06,4	02,3	06,1
10	10,7	14,4	9,3	11,5	15,3	9,5	00,4	00,4	05,3	02,0
11	5,7	6,5	4,6	5,6	9,0	5,5	07,5	08,5	08,7	08,2
12	3,8	8,3	4,7	5,6	8,8	3,0	07,5	06,7	08,6	07,6
13	1,7	3,9	3,1	2,9	7,8	0,2	07,3	06,9	06,5	06,9
14	0,5	4,4	3,1	2,7	4,8	0,5	07,9	08,1	07,3	07,8
15	0,0	1,4	0,0	0,5	3,4	0,5	07,6	07,7	08,6	08,0
16	-0,9	4,4	1,4	1,6	4,8	-0,9	12,2	16,1	10,4	12,9
17	1,4	6,7	3,9	4,0	7,0	-0,5	20,6	20,2	22,3	21,0
18	3,9	8,8	5,2	6,0	9,2	3,0	22,2	21,9	21,5	21,9
19	1,7	10,1	5,5	5,8	10,8	1,2	21,7	21,6	21,1	21,5
20	5,1	10,5	—	5,2	11,0	4,5	20,4	20,2	19,0	19,9
21	2,1	8,7	5,5	5,4	11,4	1,8	19,0	19,2	19,7	19,3
22	2,0	8,7	4,7	5,1	9,0	1,2	20,7	21,7	22,6	21,7
23	0,7	10,4	5,5	5,5	11,7	0,5	22,4	21,0	18,4	20,6
24	4,6	10,1	1,8	5,5	11,1	3,3	14,3	11,1	13,4	12,9
25	-0,2	2,7	-0,8	0,6	4,2	-0,5	12,9	14,9	18,0	15,3
26	-1,4	1,7	-1,9	-0,5	2,4	-1,4	18,8	18,1	18,1	18,3
27	-4,5	3,3	-1,5	-0,9	4,0	-4,5	16,0	14,5	14,0	14,8
28	-0,2	6,6	3,0	3,1	7,3	-2,0	11,9	11,4	11,4	11,6
29	3,6	9,9	7,2	6,9	12,0	2,0	12,3	12,2	11,2	11,9
30	9,5	9,0	6,4	8,3	9,8	5,5	07,0	10,6	11,4	09,7
31	5,9	9,1	4,3	6,4	9,1	4,5	09,3	09,0	10,6	09,6
Moy.	3,9	8,9	5,2	6,0			713,4	713,4	713,4	713,4

Vents . . .	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.	Calme.
Fréquence .	13	15	2	5	2	15	7	1	3
Vitesse . .	16.5	7.5	4.2	3.6	7.2	11.3	6.8	4.8	

Extrêmes de température : 16°.3 le 8; — 4°.5 le 27; amplitude 20°.8.

Extrêmes de pression : 700.4 le 10; 722.4 le 23; amplitude 22.0.

Température moyenne : $\frac{7 + 1 + 9 + 9}{4} = 5°.8.$

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°.38'. G. β. 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS			Date.
7 h.	1 h.				CARACTÈRE DU TEMPS			
—	90	—	10,2	—	1	1	5	1
86	62	—	9,2	—	1	0	0	2
88	48	—	10,3	1,4	0	0	0	3
87	65	—	7,3	1,9	0	0	0	4
84	61	—	0,0	1,8	8	9	10	5
95	81	0,5	0,0	1,1	10	10	10	6
83	69	1,0	3,2	0,1	8	6	7	7
84	62	—	7,2	1,7	6	2	0	8
90	60	—	4,0	1,0	7	4	9	9
92	63	11,5	1,0	1,0	8	9	10	10
72	65	3,5	4,0	1,0	10	8	9	11
80	60	1,0	0,0	1,0	9	9	10	12
83	79	1,5	2,3	0,4	5	10	9	13
95	68	13,0	0,0	0,7	10	10	10	14
80	85	2,0	0,1	0,2	9	8	7	15
80	63	—	7,3	1,0	1	0	4	16
75	57	—	4,0	1,8	8	4	2	17
75	62	—	5,1	1,3	1	4	3	18
90	58	—	6,0	1,9	5	3	7	19
86	59	—	6,1	1,1	8	2	0	20
90	67	—	7,3	0,8	2	1	0	21
85	62	—	9,2	1,0	0	0	0	22
95	57	—	8,2	1,8	0	0	0	23
89	59	—	0,3	0,1	4	10	10	24
93	59	4,0	2,0	1,0	10	5	2	25
79	63	1,0	9,0	—	0	0	0	26
82	58	—	9,1	—	0	0	0	27
89	59	—	1,1	—	9	5	7	28
92	58	5,0	4,1	2,9	9	3	2	29
79	93	11,0	0,0	1,3	10	10	10	30
97	84	3,0	0,0	0,7	10	10	10	31
86.1	69.9	58,0	143,0	—				Moy.

Dates:		4	7.	11.	14.	18.	21.	25.	28.
Température du sol	1 ^m	14.6	14.0	13.6	12.6	11.0	10.5	9.9	8.8
	0 ^m .5	14.4	13.4	13.3	11.0	9.0	9.4	8.6	7.0
	0 ^m .25	13.4	12.8	12.5	9.2	7.6	8.6	7.7	6.3

OBSERVATIONS. — Rosée les 1, 2, 3, 4, 22, 23. — Gelée blanche les 13, 18, 19, 20, 21. — Gelée, 26, 27, 28. — Neige a pris pied sur le sol à 555, le 14.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°.38' G. β. 46°31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie mm.	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS			Date.
7 h.	1 h.				CARACTÈRE DU TEMPS			
84	55	3.0	5,1	—	—	—	1	
95	55	2,0	7,3	—	4	2	2	
97	63	—	0,3	—	1	10	3	
85	94	1,0	—	—	8	10	4	
96	54	1,0	5,3	—	8	2	5	
94	75	—	2,3	—	10	6	6	
83	81	—	—	—	10	8	7	
95	87	—	—	—	10	10	8	
93	55	1,0	7,0	—	7	6	9	
91	78	—	2,0	—	10	5	10	
90	58	3,0	—	—	8	—	11	
84	62	—	7,3	—	2	0	12	
85	57	—	6,2	—	0	2	13	
88	87	—	1,2	—	10	10	14	
77	63	5,5	0,3	—	8	7	15	
82	70	—	1,3	—	6	6	16	
82	60	—	6,2	—	0	2	17	
87	90	—	—	—	10	10	18	
98	75	4,0	—	—	10	8	19	
90	90	3,5	—	—	10	10	20	
96	71	1,0	2,0	—	10	10	21	
84	76	—	0,3	—	7	5	22	
90	82	8,0	—	—	6	10	23	
90	88	1,5	—	—	10	10	24	
94	80	1,0	0,2	—	10	9	25	
80	60	—	8,1	—	2	2	26	
83	65	—	7,0	—	0	0	27	
88	78	—	3,1	—	0	5	28	
94	68	—	4,0	—	10	5	29	
95	88	—	—	—	10	10	30	
89.0	72.0	37,5	81,3	—	Moy.			

Dates :		1.	4.	8.	11.	15.	18.	22.	25.	29.
Température du sol	1 ^m	8,9	8.6	8.4	8.3	7.8	6.9	6.4	6.2	6.0
	0 ^m .5	8.2	7.8	7.4	7.6	6.8	5.2	5.2	5.2	5.2
	0 ^m .25	7.8	7.6	7.2	7.1	6.2	4.0	4.4	5.2	4.8

OBSERVATIONS. — Gelée blanche les 3, 12, 22, 27, 28. — Rosée, 29, 30. —
Brouillard, 19, 29, 30.

Observatoire météorologique du Champ-de-l'Air.

λ. 6°.38'. G. β. 46°.31'. H. 555.8. h. 1^m.10. H'. 549.

Humid. relative		Pluie	Heures de soleil	Evapo- ration mm.	OBSERVATIONS CARACTÈRE DU TEMPS			Date.
7 h.	1 h.	mm.						
79	73	18,0	8,1	—	1	0	0	1
85	58	—	7,0	1,0	9	2	3	2
85	83	—	—	0,4	10	10	10	3
96	95	—	—	0,7	10	10	10	4
98	96	6,0	—	0,2	10	10	10	5
93	70	1,5	—	0,0	10	8	10	6
72	56	4,0	4,2	0,1	8	6	0	7
87	76	1,0	—	0,6	8	10	10	8
97	98	16,0	—	0,2	10	10	10	9
98	95	12,0	—	0,0	10	10	10	10
95	52	9,5	6,0	0,1	10	2	0	11
95	66	—	7,2	0,9	0	0	0	12
81	69	—	2,1	0,8	2	6	9	13
55	70	—	—	1,0	10	10	10	14
91	83	25,0	—	0,2	10	10	10	15
92	69	3,5	2,0	0,9	9	8	9	16
88	70	2,5	—	0,2	10	8	10	17
88	85	0,5	1,2	0,9	10	10	8	18
98	89	2,0	—	1,0	10	10	10	19
84	74	1,0	—	0,8	10	10	10	20
65	58	—	—	1,0	10	10	3	21
66	55	—	4,3	1,0	3	2	2	22
74	66	—	5,3	0,0	1	2	0	23
78	84	—	—	1,0	10	10	10	24
73	48	1,0	5,0	—	2	0	8	25
77	72	—	—	—	10	10	10	26
70	58	—	8,0	—	0	0	0	27
75	85	—	—	—	10	10	1	28
78	60	—	7,1	—	0	0	0	29
66	55	—	7,2	—	0	0	0	30
73	53	—	7,2	—	0	0	8	31
72,3	71,6	103,5	84,3	13,0				Moy.

		Dates :	2.	6.	9.	13.	16.	20.	23.	27.	30.
Température du sol	{	1 ^m	5,6	5,0	4,8	5,0	4,7	4,8	4,3	3,4	3,0
		0 ^m .5	4,4	4,0	3,8	4,2	4,3	4,0	3,4	2,0	1,6
		0 ^m .25	3,6	4,0	3,4	3,6	4,6	3,8	2,4	1,7	1,2

OBSERVATIONS. — Gelée blanche : 3, 12, 13, 31; — brouillard, 4, 5, 9, 10.

LA TROMBE DU 19 AOUT 1887

SUR LE LAC LÉMAN

par Ch. DUFOUR, professeur, à Morges.

Le 19 août 1887, vers 7 h. 30 m. du matin, une trombe s'est formée sur le lac Léman; poussée par le vent du sud-ouest, elle a abordé la rive suisse au point appelé les *Deux Guérites*, au-dessous du Dézaley, à 1 kilom. à l'ouest de la station de Rivaz. En ce moment, la trombe s'est subitement coupée et a disparu.

Aussitôt que j'eus connaissance de l'apparition de ce phénomène, je me rendis sur place pour recueillir tous les renseignements possibles.

Je consultai d'abord l'équipage du bateau à vapeur *le Dauphin*, qui était dans ces régions. La trombe a passé devant le bateau, suivant une route oblique à celle du navire. Il y eut même un moment où, dans l'ignorance où l'on était sur la marche de la trombe, le pilote fut un peu inquiet pour son bâtiment. Il est clair qu'il pensait alors plus à la manœuvre qu'à suivre la marche de sa montre pour faire une étude scientifique du phénomène; mais d'après le chemin parcouru par le bateau entre le moment où l'on a aperçu la trombe et celui où elle a disparu, on peut estimer qu'il s'est écoulé 8 minutes. Le pilote dit positivement qu'il a *vu l'eau s'élever*.

Quand la trombe a disparu, le bateau était au Treytorrens, à 800 m. en arrière; il est possible que, quelques minutes auparavant, il ait été à une distance plus faible.

Au point où la trombe a fini, le chemin de fer suit le rivage du lac, dont il est distant seulement de quelques mètres. Un cantonnier, M. Cordey, faisait en ce moment son service sur la voie. Il était près du point où la trombe a fini; il dit qu'elle a passé à moins de 100 m. de lui et qu'ainsi il l'a très bien vue; il dit aussi que *l'eau montait*, et c'est l'opinion de tous les ouvriers qui travaillaient en ce moment près de M. Cordey.

Tous reconnaissent que la trombe a cessé en touchant le rivage. Ainsi on ne voit aucun dérangement dans les vignes qui arrivent presque jusqu'au lac et qui n'en sont séparées que par le chemin de fer.

Le chemin de fer lui-même n'a aucun mal.

Quand la trombe a fini, elle a paru se retirer dans le ciel avec une partie inférieure assez mince. Pour me servir de la comparaison d'un témoin oculaire, elle avait alors l'apparence d'un serpent qui retire sa queue.

Toutes les personnes de la contrée me disent qu'en ce moment le ciel était couvert, mais nullement orageux ; il n'y avait ni éclairs ni tonnerres ; plus tard il est tombé un peu de pluie ; cependant, les ouvriers du chemin de fer ont éprouvé une forte averse dans le voisinage immédiat de la trombe.

Les renseignements les plus complets m'ont été fournis par M. Charles Testuz qui demeure au Treytorrens, c'est-à-dire à 800 m. du point où la trombe s'est terminée.

Voici ce que m'écrit M. Testuz :

« Je n'ai pas vu le commencement de la trombe ; lorsque je l'ai aperçue, elle était à 400 m. ou 500 m. environ du bord du lac et semblait arriver directement sur notre maison, quand tout à coup la colonne changea de direction pour se diriger au nord-est, longea le lac à 200 m. du bord pour aller se perdre dans les vignes au-delà du Dézaley. Je n'ai pas remarqué trace de son passage dans les vignes ; il paraît que, en sortant de l'eau, la colonne s'est immédiatement élevée.

» C'était la première fois que je voyais une trombe, ce spectacle était vraiment magnifique.

» Lorsque la colonne était sur le lac, l'eau avait un mouvement de rotation vertigineux, tel qu'on aurait dit plusieurs roues de bateaux à vapeur. La base de la colonne ressemblait à de la fumée, même assez opaque, qui tourbillonnait, puis s'élevait en spirale, formant parfois une espèce de cornet ou de cône renversé qui allait se perdre dans les nuages.

» La colonne était assez inclinée : lorsque le pied se trouvait devant le Treytorrens, le sommet semblait arriver sur le village de Chexbres. »

Pour l'intelligence des lecteurs qui ne connaissent pas la localité, je dirai que le Treytorrens est au sud-ouest de Chexbres. Et comme la trombe du 19 août était chassée par le vent du sud-ouest, l'inclinaison indiquée par M. Testuz est une preuve que la partie supérieure allait plus rapidement que la partie inférieure ; ou, si l'on veut, que cette partie inférieure traînait sur le lac.

M. Despond, chef de district au chemin de fer, et M. Arnaud, chef d'équipe, ont vu l'un et l'autre la trombe de très près. Ils disent que la partie inférieure n'avait pas l'apparence d'une nappe liquide, mais plutôt celle d'une masse écumeuse ou nua-geuse, formée par les gouttes d'eau qui montaient. Le tout avait un mouvement de rotation très rapide dans le même sens que les aiguilles d'une montre ; mais, derrière la trombe, une grande quantité d'eau retombait sous forme d'une pluie abondante.

M. Despond a fait une observation d'une grande importance. Il a remarqué que la trombe s'était formée sur le lac, au point de rencontre de deux vents : le vent du sud, appelé vulgairement *la vaudaire*, qui souffle, souvent avec une grande violence, dans la partie orientale du lac, et le vent d'ouest, qui souffle dans la partie occidentale ; la route suivie par la colonne était précisément la ligne de démarcation de ces deux vents.

MM. Despond et Arnaud disent que la partie tout à fait inférieure de la trombe n'avait pas plus de 2 m. à 3 m. de diamètre, mais qu'elle s'élargissait très rapidement. A bord du *Dauphin*, plus éloigné, on avait estimé ce diamètre beaucoup plus grand ; mais il est probable que, du bateau à vapeur, on ne distinguait pas la partie inférieure qui était la plus étroite.

Il a été possible de déterminer approximativement la hauteur de cette trombe. En effet, son commencement a été vu par MM. Despond et Arnaud qui étaient alors éloignés de 1900 m. Chacun d'eux a pu indiquer quel était, sur la rive opposée, le point situé dans la direction de ce commencement. On peut donc avoir ici une parallaxe, et l'on trouve que la trombe a commencé sur la ligne qui va de la partie orientale de Cully à la Tour-Ronde, en Savoie, à 5500 m. de la côte suisse. D'après les observations de M. Testuz, on a la direction de la colonne jusqu'au point où cette direction a changé, et l'on trouve ainsi qu'elle a passé à 1600 m. au large de Cully. En ce moment, plusieurs personnes de cette localité étaient au bord du lac pour le passage du *Dauphin* ; elles ont estimé que la trombe avait la hauteur apparente du mont Arvel, situé près de Villeneuve, qui était alors derrière la colonne. De Cully au mont Arvel, il y a 20,200 m., et en ce point cette montagne est à une altitude de 1700 m. En tenant compte de l'élévation du lac Léman au-dessus de la mer, ainsi que de l'effet de la rondeur de la terre, on arrive à une hauteur de 102 m. ; ajoutons, si l'on veut, 4 m. pour l'élévation des observateurs au-dessus du lac, on arrive à 106 m. pour la hauteur de la colonne.

En prenant au maximum les erreurs d'appréciation qui se produisent nécessairement dans l'observation d'un phénomène de cet ordre, je ne crois pas qu'il puisse en résulter une différence de plus de 20 m. sur la hauteur de cette colonne; par conséquent, nous avons une indication, au moins très approximative, de la hauteur d'une trombe comme celle qui s'est produite sur le lac Léman dans la matinée du 19 août 1887.

On a vu souvent des trombes sur le lac Léman. Ainsi le pilote du bateau à vapeur l'*Helvétie* m'a dit en avoir vu une en 1883; elle présentait le même aspect, mais elle était moins grande que celles qu'il avait vues, étant matelot, sur l'Atlantique et dans les mers de la Chine.

Au dire des pilotes des bateaux à vapeur, elles sont plus fréquentes devant Rivaz et devant Cully que dans les autres parties du lac; et, comme le fait observer M. Mercanton, de Cully, elles apparaissent toujours au point où il y a conflit entre le vent du sud et le vent d'ouest.

Au point où celle du 19 août a été déviée, il y a encore quelque chose de particulier pour le vent du nord, il se divise en plusieurs courants qui suivent des directions différentes. Ainsi quand souffle le vent du nord, un bateau partant de Cully peut aller dans toutes les directions. Ce fait curieux est produit par une espèce d'épanouissement du vent du nord, précisément au point où la trombe du 19 août a changé de direction.

En 8 minutes, cette trombe a parcouru environ 6100 m., dont 5300 en passant devant Cully, se dirigeant sur le Treytorrens, et 800 m. depuis le point où elle a tourné, devant ce groupe de maisons, jusqu'à ce qu'elle ait pris fin au Dézaley. Cela fait donc 760 m. par minute, la vitesse d'un train express. On comprend, d'après cela, qu'un témoin oculaire ait pu écrire dans les journaux qu'elle avançait sur le lac avec une telle rapidité qu'elle aurait devancé les paquebots les plus rapides de la Compagnie générale de navigation.

On pourrait croire que la colonne avait plus de 106 m. de hauteur, puisque M. Testuz écrit que *le sommet lui semblait arriver sur le village de Chexbres*. Mais je comprends sa lettre en ce sens que le sommet de la colonne était dans la direction de Chexbres, car depuis le Treytorrens on ne peut pas voir ce village. Et en réalité, à Chexbres, on n'a pas vu la trombe.

Le 19 août 1887, à 8 h. du matin, le baromètre était à sa hauteur moyenne, le ciel était couvert; à Morges, le thermomètre

était à 14°. Jusqu'à Cully il faisait un léger vent du sud-ouest, mais depuis Rivaz, le *Dauphin* a eu quelques vagues de vaudaire.

Cependant, pour avoir une connaissance générale du temps qu'il a fait sur le lac, j'ai demandé à la direction de la Compagnie des bateaux à vapeur de bien vouloir me communiquer la partie météorologique des rapports que les capitaines des bateaux avaient adressés pour le 19 août. Cette direction a eu l'obligeance de m'envoyer ces documents ; ils concernent les 12 bateaux à vapeur qui, ce jour-là, étaient en course sur le lac. De l'examen de ces pièces, il résulte qu'il serait difficile de trouver un jour pendant lequel le temps ait été plus variable, non-seulement d'une heure à l'autre, mais d'un point à l'autre du lac.

De l'ensemble de ces renseignements, ajoutés au dire des personnes qui ont vu la trombe, ainsi qu'à mes notes et à mes souvenirs personnels recueillis immédiatement après le 19 août, on peut conclure que ce jour-là, sur le lac Léman, il faisait un temps couvert ; un peu de pluie, et de temps en temps, par ci par là, un peu de vent ; mais ce vent n'a jamais été fort, et n'a nullement gêné la marche des plus petits bateaux à vapeur de la Compagnie de navigation.

Si j'ai pu réussir à avoir des renseignements aussi complets sur la trombe du 19 août, je le dois au grand nombre d'observateurs intelligents qui l'ont vue et qui se sont trouvés admirablement placés pour que l'on ait pu avoir une description exacte de ce phénomène.

Quand on aurait prévu cette trombe à l'avance, comme l'on prévoit une éclipse de soleil, on n'aurait pas trouvé de meilleures stations pour les observateurs que celles qui étaient occupées par MM. Testuz, Despond, Arnaud, Cordey, par le bateau à vapeur le *Dauphin* et par les habitants de Cully réunis sur le port pour le passage de ce bateau.

Avec son encadrement de montagnes, le lac Léman se présente dans des conditions exceptionnellement favorables pour l'étude de ce phénomène. Il est possible de voir les trombes depuis divers points du rivage comme cela a eu lieu le 19 août, et d'obtenir ainsi des parallaxes. Et, en rapportant la hauteur de la colonne à celle des montagnes devant lesquelles elle passe, on peut calculer approximativement sa hauteur. Tout cela est plus sûr et plus facile quand l'observation peut se faire depuis la terre ferme au lieu d'être faite à bord d'un navire.



DISCOURS

prononcé par M. H. BLANC, Président de la Société vaudoise des Sc. Nat.,
à l'ouverture de la séance annuelle du 20 juin 1888.

Messieurs,

J'aurais aimé, dans le rapport que le président en charge est tenu de présenter, à pareille époque, sur la gestion du comité et sur la marche de la Société, n'avoir à vous faire part que de bonnes nouvelles. Hélas! la mort implacable a passé dans le sein de notre famille, nous enlevant trois de ses honoraires distingués et l'un de ses membres actifs les plus dévoués. J'ai nommé nos honoraires de Barry, Planchon, Heyden et feu le professeur Jules Marguet.

Permettez-moi de rappeler en quelques mots quelle fut l'activité de ceux que vous aviez jugés dignes de figurer dans notre petite phalange d'honoraires.

Henri-Antoine de Barry naquit en 1831 à Francfort-sur-le-Mein. Au collège, il témoigna déjà de l'amour pour les choses de la nature, pour la botanique en particulier, cette science qu'il devait enseigner et faire progresser plus tard avec distinction. Après avoir terminé ses études, il essaya de pratiquer la médecine, mais il abandonna bientôt cette profession pour revenir à ses premières amours. C'est pour cela que nous le voyons en qualité de *privat docent*, auprès de Hugo von Mohl, à l'Université de Tubingue. En 1855, de Barry est appelé comme professeur de botanique à Fribourg en Brisgau; en 1867 il suit un appel à Halle. Enfin, en 1872, il est appelé à Strasbourg où, pendant quinze ans consécutifs, il ne cesse de déployer une activité incomparable pour la science et pour son enseignement, suivi par une quantité d'élèves venus de tous les coins du monde,

Je ne peux pas énumérer ici les nombreux travaux publiés par ce savant, je citerai cependant trois de ses ouvrages, vrais monuments scientifiques, fruits de nombreuses années de recherches assidues, d'un labeur continu, ce sont : *Morphologie und Physiologie der Pilzen*. — *Vergleichende Anatomie der*

vegetativen Organen der Phanerogamen und Farnen, et Vorlesungen über Bacterien.

Dans le domaine des champignons, de Barry a dépassé, sans conteste, tous ses prédécesseurs. Après avoir démontré avec évidence que ces organismes sont bien des plantes, il suit le développement d'un grand nombre d'entre eux, ce qui l'amène à remanier complètement la systématique de ce groupe de cryptogames encombrée de noms d'espèces donnés avant lui à des formes ne représentant que des phases évolutives d'une seule et unique espèce.

En la personne de J.-E. Planchon, professeur à la Faculté de médecine de Montpellier et directeur du jardin botanique de cette ville, c'est encore un botaniste distingué que la mort nous a enlevé le 1^{er} avril de cette même année, à l'âge de 66 ans. Né en 1823, en pays des Cévennes, Planchon fait un stage en pharmacie, après avoir obtenu son baccalauréat ès lettres; il aime tellement à courir la campagne pour herboriser, qu'il s'arrange avec ses collègues, en stage comme lui, pour se lever pendant la mauvaise saison avant le jour, pour balayer et mettre en ordre dans la pharmacie, afin de pouvoir herboriser comme il lui plaira en été. En 1844, il prend son grade de docteur ès sciences; c'est alors qu'il quitte la France pour suivre, à Kiew, le botaniste Hooke, qui lui confie la surveillance de l'herbier bien connu de cet établissement.

De 1849 à 1851, il enseigne à l'école d'horticulture de Gand, fondée par van Hault. En 1852, il rentre en France pour enseigner, quelques mois seulement, à la Faculté des sciences de Nancy, puis à Montpellier qu'il ne quittera plus.

Les mémoires publiés par Planchon sont nombreux; peut-être que plusieurs d'entre vous se souviennent aussi des articles intéressants, attrayants, publiés par lui dans la *Revue des deux Mondes*, sur le phylloxera, les vignes américaines, la truffe.

Le nom de Planchon est, en France du moins, aussi répandu que celui des Chevreul, des Pasteur, car, si on lui doit la découverte du phylloxera, les viticulteurs français lui doivent, en grande partie, la reconstitution partielle, par le moyen de la vigne américaine, de leurs vignobles ravagés.

Tous savent aussi avec quelle persévérance Planchon dut lutter pour son œuvre, mal accueillie au début, uniquement parce que celui qui la défendait était un descendant de cette vaillante et grande famille, les Huguenots.

Aussi modeste que savant, Planchon ne rechercha jamais les honneurs; il ne reçut que ceux qu'on voulut bien lui offrir. Quoique membre correspondant de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine, je puis vous affirmer (et je tiens ce détail d'un de nos membres qui fut en relation avec Planchon) qu'il ne fut pas indifférent au titre d'honoraire que lui conféra la Société vaudoise des sciences naturelles et qu'il considéra toujours cette distinction comme un véritable joyau.

Ferdinand Vandever Hayden, dont nous déplorons la perte, était géologue. Né à Westfield (Mass. U. S.) en 1829, il passa les premières années de sa vie dans l'Ohio. Après avoir obtenu ses grades universitaires, il accompagna M. F.-B. Meek dans une exploration des « mauvaises terres » de Nebraska et explora cette contrée, ainsi que le Kansas, pendant deux années consécutives, recueillant des vertébrés fossiles excessivement intéressants. En 1856, Hayden commença, sous les auspices du gouvernement, toute une série d'investigations dans les territoires de l'Ouest; les résultats en furent si précieux et si importants, qu'en 1867 le gouvernement choisissait Hayden comme géologue officiel pour tous les territoires des Etats-Unis. Pendant douze années, il ne cessa de s'occuper de ces contrées, et son labeur est représenté par une série de beaux volumes dans lesquels Hayden fait l'orographie, l'ethnologie, la géologie et la paléontologie, l'histoire naturelle, en un mot, de toutes les contrées visitées par lui.

Hayden restera un des plus habiles pionniers dans l'étude de la géologie et de la paléontologie des territoires de l'Ouest, grâce à l'énergie et à la largeur d'esprit que ce savant ne cessa d'apporter dans les importantes explorations qui lui furent confiées.

Messieurs, que le souvenir de nos honoraires qui ne sont plus, de carrières si bien remplies, reste gravé dans nos cœurs.

Mais c'est un membre actif, dévoué et distingué, que nous avons perdu, il y a quelques mois seulement, en la personne de feu le professeur J. Marguet. Vous l'avez tous connu, Messieurs; vous avez pu apprécier les qualités de son caractère essentiellement bon, bienveillant, comme aussi son grand savoir, sa persévérance au travail. Entré dans la Société en 1856, il ne cessa, dès lors, d'y déployer une activité remarquable. La belle série des observations météorologiques faites par lui pendant douze années consécutives n'est-elle pas pour nous la preuve la plus

patente de cette activité ? Je pourrais vous en citer d'autres, je ne le ferai pas, le comité ayant décidé de consacrer à la mémoire de celui qui fut notre membre actif, un article nécrologique dans notre Bulletin. M. le syndic Cuénoud a bien voulu accepter de rendre, en notre nom, le témoignage de respect que nous devons à la mémoire de celui que la mort a ravi à sa chère famille et à notre Société.

Six démissions sont encore venues diminuer le nombre de nos membres actifs pendant l'année qui vient de s'écouler, celles de MM. Marguerat, Rouillard, Hirzel, Addor, Berney, Bertholet ; par contre, MM. Gauthier, Mayor, Ganty ont été reçus membres de notre Société.

Avec les nouveaux membres que vous venez de recevoir, le nombre total des membres actifs est aujourd'hui de 218.

Vous êtes, sans doute, très étonnés, Messieurs, de ne pas avoir reçu de Bulletin cette année ; j'avoue que votre étonnement est légitime, le dernier Bulletin, n° 96, étant sorti de presse en septembre 1887. Le n° 97, que vous avez attendu si patiemment, est enfin là, le voici ; ce Bulletin aurait certainement pu sortir plus tôt de presse, si des mémoires promis par les auteurs avaient été remis à temps à M. Roux, l'éditeur de notre Bulletin. Ce retard est donc dû à des circonstances complètement indépendantes du comité et de l'éditeur du Bulletin ; soyez assurés qu'il ne se renouvellera pas de si tôt, puisque onze mémoires, dont quelques-uns accompagnés de planches, sont à l'heure qu'il est prêts à être portés à l'imprimeur.

Un nouveau Bulletin paraîtra donc sous peu ; votre comité espère qu'un troisième pourra voir encore le jour cette année à l'assemblée générale de décembre. Chaque Bulletin contiendra dorénavant les procès-verbaux de la période correspondante.

Qu'on s'en souvienne, Messieurs, notre publication, quelque modeste qu'elle soit, doit être de notre part l'objet d'une sollicitude toute particulière. Nous ne devons pas oublier que notre Bulletin est l'essence de nos travaux, de notre activité tout entière, que nous devons en faire part aux membres très nombreux qui ne peuvent assister régulièrement à nos séances et à nos discussions scientifiques. Nous ne devons pas oublier que c'est grâce à notre Bulletin que nous augmentons tous les jours nos relations d'échange, que notre bibliothèque s'enrichit.

Le nombre total des Sociétés avec lesquelles nous sommes en relations d'échanges est de 247. En 1886, il était de 225 ; il y a

eu augmentation notable. Notre modeste publication est donc, nous venons d'en donner la preuve, appréciée à l'étranger ; ne la négligeons pas et vouons-lui tous nos efforts, afin de lui conserver le bon rang qu'elle occupe parmi celles de nos sociétés sœurs. C'est le seul bijou de notre cassette, savamment taillé par nos prédécesseurs, sachons lui conserver toute sa beauté, tout son éclat.

Je viens de dire que notre bibliothèque s'enrichit tous les jours ; cela est si vrai que le comité a dû faire établir cette année de nouvelles étagères, afin que notre vaillant bibliothécaire, M. Mayor, pût faire un peu de place autour de lui. Le moment n'est pas loin, Messieurs, où nous serons forcés de chercher un local plus vaste pour notre bibliothèque. Ne serait-il pas prudent de notre part de ne pas attendre à la dernière heure pour nous occuper de cette question importante du transfert éventuel de notre bibliothèque dans des locaux plus vastes ?

Quelques mots encore sur l'état actuel de nos finances, dont vous avez le résumé, et sur lesquelles le rapporteur de la commission de vérification des comptes vous donnera tout à l'heure plus de détails.

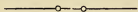
L'année passée, à l'assemblée générale de décembre, votre président, M. le professeur Charles Dufour, vous annonçait que notre ancien caissier nous avait fait subir une perte sèche de 4858 fr. 75.

Comment se fait-il aujourd'hui que, malgré cette perte, notre fortune soit supérieure à celle que nous avions l'année passée, nos dépenses étant restées à peu de chose près les mêmes ? Grâce au compte des titres qui solde par un boni de 3092 fr. 40. La Société a dû vendre des titres en 1887 pour une valeur de 5000 fr. et en acheter pour 2036 fr. 35. Le bénéfice réalisé dans la vente, ajouté à la plus-value des titres achetés représentée par la cote au 31 décembre 1887, voilà ce qui précisément constitue le boni de 3092 fr. 40 et ce qui fait que notre capital ne se trouve être diminué que de 1028 fr. 01, malgré la perte subie de 4858 fr. 75.

Mais ce boni est en partie fictif, puisqu'il est basé sur des titres cotés dont la valeur peut varier d'un jour à l'autre. Si, comme vous venez de l'entendre, notre fortune n'est pas sortie trop ébréchée de la faillite de L.-A. D., notre ancien caissier, c'est à notre ancien président, M. Charles Dufour, que nous devons ce résultat inattendu. Je crois être votre interprète à tous

en adressant de chaleureux remerciements à celui qui, pendant l'année 1887, a veillé de si près pour sauvegarder la fortune de la Société.

Je termine, Messieurs, en vous souhaitant à tous la bienvenue. Continuons à travailler en commun, à étudier la nature dans toutes ses manifestations grandioses, cherchons à en dévoiler les secrets, afin de nous débarrasser de ce long cortège de préjugés qui nous obsède, et nous contribuerons, nous aussi, dans notre sphère, au bien de notre cher canton de Vaud et de la Suisse notre patrie.



R É S U M É

DES

COMPTES POUR L'ANNÉE 1887

Compte général.

RECETTES

Contributions d'entrée, celles perçues	Fr.	25 —
Contributions annuelles pour 1887	»	1,800 —
Bulletins vendus	»	115 30
Intérêts perçus	»	3,675 15
Recettes extraordinaires	»	200 —
Compte des titres, solde de ce compte	»	3,092 40
Capital. Déficit de l'année	»	1,028 01
	<u>Fr.</u>	<u>9,935 86</u>

DÉPENSES

Bulletin, impression, brochage	Fr.	2,520 95
Bibliothèque. Traitement, frais	»	217 43
Administration, frais divers	»	1,092 93
Observatoire	»	55 —
Compte de loyer	»	400 —
Fonds de Rumine, achats de livres	»	790 80
Notre ancien caissier A.-L. D., perte subie . .	»	4,858 75
	<u>Fr.</u>	<u>9,935 86</u>

Bilan au 31 décembre 1887.

ACTIF

Rates d'intérêt. Capital.

Titres déposés à la Banque cantonale vaudoise :		
10 délég. Desplands de 1000 fr., à 4 ½	Fr. 231 25	10,000 —
55 oblig. S. O. 1878, de 500 fr., à 4 ½	» — —	28,077 50
14 » Emprunt vaudois de 1879, de 500 fr., à 4 ½	» 115 90	7,000 —
12 délég. Emprunt Wyssbrod, de 1000 francs, à 4 ¼	» 243 65	12,000 —
A reporter . . .	<u>Fr. 590 80</u>	<u>57,077 50</u>

	Beport . . .	Rates d'intérêt.	Capital.
1 oblig. Caisse hypothéc., de 500 fr.,	Fr. 590 80		57,077 50
à 4 % »	— 85		500 —
12 délég. Ritter, de 1000 fr., à 4 $\frac{1}{2}$ % »	268 50		12,000 —
5 » Wanner, de 1000 fr., 4 $\frac{1}{4}$ % »	103 10		5,000 —
4 oblig. Ville de Payerne, de 500 fr.,			
à 4 % »	10 —		2,000 —
Valeur des titres			76,577 50
Rates d'intérêt	Fr. 973 25		973 25
Solde redû au 15 septembre 1888 par A.-L. Dutoit.			362 50
Banque cantonale vaudoise, en compte-courant. .			3,246 65
Débiteurs divers, loyer de la Soc. d'agricult., etc.			330 30
Caisse, solde au 31 décembre 1887			275 49
		Fr.	81,765 69

PASSIF

Créditeurs divers. Soldes	Fr.	844 30
Capital. Compte nouveau	»	80,921 39
	Fr.	81,765 69

Certifié conforme au Grand-Livre.

Lausanne, le 14 juin 1888.

Pour le Comité :

L. PELET, prof. de comptabilité.

RAPPORT

**des commissaires-vérificateurs à l'assemblée générale
de la Société vaudoise des sciences naturelles.**

La commission de vérification des comptes avait été composée, au début, de MM. de Sinner, de Blonay et Gollietz. Le premier, M. de Sinner, s'étant trouvé dans l'obligation de demander à la Société son remplacement, le Comité a présenté à la Société, qui l'a accepté, M. Renevier, membre du Comité financier.

Les trois commissaires se sont réunis le 9 juin au local de la Bibliothèque, pour y procéder aux opérations régulières du pointage.

Notre caissier, M. Kraft, ainsi que M. Pelet, notre comptable, assistaient au contrôle, afin de renseigner les commissaires sur les points douteux.

Nous avons pointé presque tous les comptes et l'ensemble des écritures principales que nécessite notre comptabilité; nous en avons reconnu la parfaite exactitude, ainsi que celle du *Bilan* et du *Compte général*, qui vous sont présentés ici même.

Au cours de son contrôle, la commission a reconnu l'utilité qu'il y aurait pour la Société de faire établir un *compte de Rentier*, afin d'être, à chaque instant, à même de vérifier la perception des intérêts à la Banque.

L'organisation nouvelle, qui fonctionne depuis la faillite de notre ancien caissier, nous a également amené à vous soumettre un vœu à l'égard de notre administration financière. Ce serait: d'étudier un système qui nous permît de réduire à son minimum le travail du caissier actuel, en ordonnant, par exemple, tous les paiements par des chèques sur la Banque. Il ne resterait à la charge du secrétaire que la rentrée des cotisations et des abonnements à faire.

La commission a contrôlé l'état de la bibliothèque de la Société. Elle n'y relève que de bonnes choses à dire, comme l'augmentation rapide de son contenu et son ordre parfait. Le catalogue manuscrit, soit celui des acquisitions faites depuis la publication du dernier catalogue, est déjà volumineux et il faudra dans peu de temps songer à en faire la publication. Il est sorti en lecture, cette année, 312 volumes, 256 brochures et 36 cartes. Ce mouvement est en augmentation sur le précédent exercice.

En résumé, nous vous proposons, Messieurs :

- 1° D'inviter le Comité à faire établir un compte de Rentier ;
- 2° » à faire une étude du remaniement des fonctions du caissier ;
- 3° D'approuver les comptes présentés par le Comité ;
- 4° De donner décharge à vos commissaires-vérificateurs pour l'accomplissement de leur mandat ;
- 5° De voter des remerciements au Comité, au caissier et à M. Pelet, notre comptable, qui a débrouillé avec un soin tout particulier notre situation ; enfin au bibliothécaire.

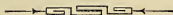
Lausanne, le 9 juin 1888.

Le Rapporteur, H. GOLLIEZ.

Contresigné :

E. RENEVIER, prof.

H. DE BLONAY, ing.



PROCÈS-VERBAUX



SÉANCE DU 2 NOVEMBRE 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Louis Gauthier, maître de sciences au collège du Chenit, présenté par MM. Charles Bertholet, forestier, et Dr Schardt, est proposé comme candidat.

M. F.-A. FOREL fait, au nom de M. le Dr Pavaro, à Padoue, un appel aux personnes qui pourraient en posséder, pour des documents devant servir à une nouvelle édition des œuvres de Galilée.

Communications scientifiques.

M. N. Lœwenthal fait une communication sur le protoplasme réticulé des *cellules interstitielles* de l'ovaire. Il n'est pas rare de rencontrer, sur les coupes de l'ovaire de la chatte, de la chienne ou de la lapine, des cellules interstitielles dont le corps paraît être subdivisé par un réseau protoplasmique plus ou moins serré en petits champs, de forme arrondie, oblongue ou polygonale. Cette conformation spéciale des cellules interstitielles est particulièrement fréquente et facile à constater chez la chatte. Elle est due au fait de l'infiltration du corps de la cellule par des globules qui prennent la coloration noire, non-seulement dans les solutions d'acide osmique pur, mais aussi dans les *mélanges* chromo-acéto-osmiques. Ces globules sont particulièrement grands chez le chat, beaucoup plus petits chez le lapin. Ils sont disposés avec beaucoup de régularité tout autour du noyau; ils augmentent de volume et arrivent presque en contact les uns avec les autres; il en résulte que le protoplasme proprement dit est réduit à une charpente cloisonnée et délicate. La méthode faisant ressortir le mieux ces particularités de structure des cellules interstitielles consiste à fixer les pièces par le mélange chromo-acéto-osmique; à colorer les coupes par la safranine d'après le procédé de Flemming, et à les transporter, après déshydratation, pour quelque temps dans l'essence de *térébenthine*. Soumis à ce traitement, les globules noircis par l'osmium se dissolvent en grande partie et deviennent invisibles; certains d'entre eux persistent, mais leur coloration noire perd beaucoup de son intensité; parfois le corps cellulaire tout entier prend une légère teinte d'un lilas plus ou moins foncé.

M. F.-A. Forel fait la communication suivante :

Deux observations, que j'avais faites en 1886 dans la grotte naturelle du glacier d'Arolla, avaient montré que la température de la glace était inférieure à zéro. L'eau des trous forés dans la paroi se congelait au bout de quelques jours; les parois de la chambre de neige étaient recouvertes de cristaux de sublimation, givre en trémies à base hexagone. Le professeur Ed. Hagenbach, de Bâle, avait fait une détermination provisoire de la température de la glace, qu'il avait trouvée inférieure à zéro de quelques centièmes de degré.

Pour vérifier ces faits, nous sommes retournés à Arolla, M. Hagenbach et moi, en août 1887, munis de thermomètres spéciaux, divisés en centièmes de degré centigrade et permettant la lecture du millième de degré.

Toutes corrections faites, nous avons trouvé la température de la paroi de glace, à 45 centimètres de profondeur, variable, suivant les stations, de -0.002° à -0.031° .

Nous écartons l'idée que cette température inférieure à zéro serait due, soit à l'impureté de la glace, soit à la conservation du froid de l'hiver. Nous arrivons à la conclusion qu'elle est due à la pression des couches supérieures du glacier, pression qui abaisse le point de fusion de la glace de 0.0075° par atmosphère.

M. Forel fait cadeau au musée des deux thermomètres dont il s'est servi.

M. HENRI DUFOUR remercie M. Forel et de sa communication et des thermomètres.

M. **Henri Dufour**, prof., présente, au nom de MM. Borel et Paccaud, un nouveau compteur d'électricité. L'appareil est formé d'un conducteur mobile pouvant tourner autour d'un axe vertical dans un champ magnétique produit par des électro-aimants. Le courant à mesurer passe dans les électro-aimants et dans le conducteur; il en résulte un couple-moteur qui entraîne l'équipage mobile avec une vitesse de rotation proportionnelle, entre certaines limites, à l'intensité du courant à mesurer.

M. **Henri Dufour**, prof., présente un nouvel hygromètre à condensation intérieure, basé sur le même principe que celui de M. Crova, mais de construction et de maniement plus faciles. Cet appareil peut aussi servir d'hygromètre à condensation directe à l'air libre. (*Voir aux mémoires.*)

M. **Favrat** apporte une nouvelle plante non encore décrite par la flore générale, qu'il nomme *Euphrasia Christii Favrat*. Les fleurs sont dorées. M. Favrat l'a trouvée au val Maggia (Tessin).

M. **Herzen**, prof., communique quelques-unes de ses observations sur la fatigue des nerfs. Tous les tissus vivants se décomposent sans cesse et d'autant plus qu'ils sont plus actifs; c'est là le principe fondamental sur lequel repose toute la biologie actuelle. Or, dans ces derniers temps, Wedenski, à Pétersbourg, et Bowditch, à Boston, ont soutenu que les *trones* nerveux font exception à cette règle, ne se fatiguent pas en travaillant et sont inépuisables, de telle sorte que, lorsque le muscle, animé par le nerf que l'on tétanise, ne

se contracte plus, c'est l'*organe périphérique*, et non le nerf lui-même qui est épuisé.

Wedenski s'est servi d'une méthode appliquée d'abord sans succès par Bernstein, en la modifiant pour en mitiger les inconvénients; Bowditch a eu recours à une méthode complètement différente en apparence, peut-être très semblable au fond. Le bout central du sciatique est irrité par les secousses d'induction d'un appareil de DuBois-Reymond; il s'agit d'intercepter la transmission de l'activité nerveuse dans le voisinage du muscle, afin que celui-ci reste au repos, et d'enlever de temps à autre, ou au bout d'un certain temps, l'obstacle introduit, pour voir si le nerf agit encore; s'il agit encore, le muscle entrera en tétanos.

Pour introduire l'obstacle en question, Wedenski se sert d'un courant de pile, appliqué au nerf tout près du muscle; Bowditch emploie l'empoisonnement par le curare. L'un et l'autre croient que pendant toute la durée du passage du courant constant ou de l'influence du curare, le nerf, toujours excité, est toujours actif; mais cela est-il bien certain? Ne se pourrait-il pas, au contraire, que les courants de pile très forts et l'intoxication curarique très profonde et très prolongée que ces expériences nécessitent, fussent un obstacle non-seulement à la *transmission* de l'activité nerveuse dans un trajet périphérique du nerf, mais à la *production même* de cette activité dans toute la longueur des fibres? En vue de l'influence électrotonique des courants de pile, toujours déprimante lorsqu'ils sont très forts, et de la résistance croissante à la transmission que le curare introduit peu à peu dans les nerfs, il est non-seulement permis de supposer, mais très probable que, dans les deux expériences en question, le nerf, loin d'être actif tout le temps, ne le devient réellement que lorsque le courant de pile est interrompu ou lorsque le curare est déjà presque entièrement éliminé¹; de sorte qu'au fond, les deux expériences sont illusoires.

M. Herzen croit que pour arriver à une conclusion moins incertaine, il faut éviter l'emploi du curare et surtout de l'irritation et de la polarisation électriques prolongées, l'un et l'autre introduisant des phénomènes étrangers à la question et qui la compliquent singulièrement (électrotonus, interférences, phénomènes d'arrêt, etc.), et recourir à un moyen qui produise rapidement une suractivité violente des nerfs moteurs, sans agir directement sur eux; ce moyen, c'est la strychnine, dont l'action excitante sur les *centres nerveux* se manifeste par des accès de tétanos avec des doses bien plus petites et avec un temps bien plus court que son action déprimante sur les *trunks nerveux*. Voici comment il procède :

Sur des animaux éthérisés (chiens, chats et lapins), il met à nu les deux nerfs sciatiques et en sectionne un; une incision de la peau au niveau du gastrocnémien permet d'exciter ce muscle directement avec les électrodes d'un appareil de DuBois et de déterminer le *minimum* de l'irritation nécessaire pour produire de petites secousses dans les faisceaux irrités, puis il empoisonne l'animal avec de la strychnine de façon à produire un tétanos suffisamment violent pour que l'animal succombe dès le premier ou le deuxième

¹ Voir A. Herzen : « L'irritabilité musculaire et la rigidité cadavérique », *Semaine médicale*, 24 novembre 1886.

accès; le nerf coupé ne prend pas part à la violente activité des autres nerfs et l'extrémité correspondante ne prend pas part au tétanos. Maintenant il s'agit de savoir si la suractivité ainsi produite a fatigué le sciatique non coupé; on excite les deux nerfs de la même manière avec l'appareil de DuBois; le nerf coupé réagit immédiatement, le nerf non coupé ne réagit point ou à peine; quelque chose est fatigué ou épuisé; est-ce le tronc nerveux ou l'appareil périphérique? On porte les électrodes alternativement sur les deux gastrocnémiens et on voit *qu'ils réagissent tous les deux*, à peu près de la même manière, *au même minimum d'irritation, auquel ils réagissaient avant le tétanos*; généralement, cependant, les secousses fasciculaires du muscle qui a travaillé sont un peu plus tardives, un peu moins rapides et un peu plus longues à se relâcher que celles du muscle qui a été maintenu au repos par la section de son nerf; il doit en être ainsi, car autrement on serait conduit au paradoxe opposé à celui de Wedenski et Bowditch, à soutenir que l'appareil périphérique serait infatigable et inépuisable; la différence entre les deux appareils périphériques augmente d'autant plus rapidement que le tétanos a été plus intense et plus prolongé, et les muscles deviennent bientôt rigides, sauf, naturellement, ceux qui correspondent au nerf coupé.

Ainsi, immédiatement après la mort de l'animal, qui succombe à l'asphyxie causée par le tétanos, ou fort peu de temps après sa mort, le nerf qui a travaillé est inexcitable, et *c'est lui qui refuse*, et non son appareil périphérique, puisque celui-ci répond encore au minimum d'irritation auquel il répondait avant le travail, — un peu plus faiblement, il est vrai, que son homonyme, mais cela n'a pas grande importance: il n'est pas épuisé tandis que son nerf l'est.

M. Herzen ne croit pas, pour la raison déjà indiquée, que dans ses expériences il s'agisse de l'action *chimique* directe de la strychnine sur le nerf non coupé; sans parler du fait que le nerf coupé est exposé à cette action à peu près autant que l'autre, on peut varier l'expérience de deux manières qui montrent bien que c'est uniquement de l'*activité* fournie que dépend l'inexcitabilité du nerf: en premier lieu, on peut, en passant un fil sous le sciatique, lier en masse les deux extrémités postérieures et en exclure ainsi la strychnine; en second lieu, on peut se passer entièrement de celle-ci et de la section de l'un des nerfs en soumettant simplement l'un d'eux à une forte tétanisation électrique, sur un animal auquel on a d'abord coupé la moelle épinière, afin de ne pas le faire souffrir, et que l'on tue pendant la tétanisation. Dans ces deux cas le résultat est le même que dans le cas du simple empoisonnement par la strychnine; pour le deuxième cas, on peut même se passer de la tétanisation électrique; il faut alors couper non la moelle épinière, mais de nouveau un des sciaticques, puis tuer l'animal par asphyxie ou par section de la moelle allongée; les quelques mouvements convulsifs que le nerf intact transmet suffisent pour produire (plus lentement, mais très nettement) la même différence entre les deux nerfs que dans l'expérience avec tétanos électrique ou strychnique; ces deux moyens ne font qu'exagérer la différence et rendent ainsi le résultat plus frappant; on constate avec la plus grande facilité que la différence en question n'est pas due à l'augmentation d'excitabilité du nerf coupé (celle-ci est inconstante, insignifiante et passagère), mais à une rapide diminution d'excitabilité du nerf ayant travaillé.

Ainsi, le nerf n'est pas un *perpetuum mobile* physiologique, il ne constitue pas une inconcevable exception à la loi biologique la plus générale, et, de même que tout autre tissu vivant, *il se fatigue en travaillant, et s'épuise par un travail excessif, plus vite que son appareil périphérique.*

SÉANCE DU 16 NOVEMBRE 1887.

Présidence de M. le Dr H. BLANC, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Louis Gauthier, au Chenit, présenté dans la dernière séance par MM. Ch. Bertholet et Dr Schardt, est proclamé membre de la Société.

M. Paul Mayor, à Lausanne, présenté par MM. H. Kamm et Et. Guillemin, est proposé comme candidat.

Communications scientifiques.

M. E. Chuard, professeur, communique le résultat de ses recherches sur le mécanisme de l'élimination du cuivre dans les vins provenant de vignes sulfatées. — Dans une précédente communication, il avait annoncé la présence du tartrate de cuivre dans le dépôt formé, après fermentation, dans un moût fortement cuivré. — Dès lors, M. Chuard ayant eu à sa disposition des lies d'un vin dans lequel, avant la fermentation, on avait dosé 26 milligr. de cuivre métallique par litre, il a réussi à constater de nouveau la présence du tartrate de cuivre, ainsi que celle du sulfure de cuivre, déjà signalé par M. Quantin.

Lorsqu'un moût ne renferme que peu de cuivre, il est probable que la totalité est éliminée comme sulfure, par suite des fermentations réductives qui accompagnent la fermentation alcoolique.

Lorsqu'un moût est fortement cuivré, comme c'était le cas pour celui sur lequel ont porté les recherches, une partie du cuivre est éliminée comme tartrate et les dernières traces comme sulfure. Il y a donc, quelle que soit la teneur en cuivre d'un moût, certitude complète que l'acte de la fermentation éliminera ce métal.

M. Robert fait circuler des échantillons des divers états du cuivre dans sa métallurgie, par voie sèche ou par voie humide, depuis le sulfure, le carbonate et l'oxyde jusqu'au cuivre pur et le sulfate.

M. Lugeon présente une petite mâchoire appartenant probablement à un didelphe, trouvée dans les couches rhétiennes qui affleurent entre Bornan et Sendy, près des Avants sur Montreux. Elle vient des couches nos 45-55. (Voir explication de l'Atlas géologique E. Favre et H. Schardt.) Jusqu'à présent on n'avait trouvé que 6 vertébrés dans nos couches à *Avicula contorta*.

M. **Guillemin**, ingénieur, recommande l'emploi des lies de vins pour le collage de ces derniers, ceux-ci s'éclaircissent, se décolorent, perdent leur âpreté et gardent leur arôme, qu'ils perdent ordinairement par les autres méthodes. Le collage par les lies peut, au dire de M. Guillemin, corriger leur acidité.

M. **CHUARD** rappelle que les lies provenant de raisins traités à la bouillie bordelaise contiennent du tartrate de cuivre et du sulfure de cuivre; ce dernier devenant soluble par oxydation, il faut en tenir compte dans la manutention proposée par M. Guillemin.

Une discussion prend naissance au sujet de l'innocuité des sels de cuivre.

M. le Dr **Blanc** entretient la Société d'anomalies observées sur les *Tænia*s et les *Bothriocéphales*, consistant en ouvertures de formes diverses, occupant un ou plusieurs articles. M. Blanc critique les hypothèses admises jusqu'ici pour expliquer ces anomalies, et, suivant lui, plusieurs d'entre elles doivent être uniquement attribuées à une sorte de digestion externe. M. Blanc publiera plus tard ses résultats. (*Voir aux mémoires.*)

SÉANCE DU 7 DÉCEMBRE 1887.

Présidence de M. Ch. DUFOUR, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. *Paul Mayor*, à Lausanne, est proclamé membre de la Société.

M. le président annonce la démission de M. *Marguerat*, à Yverdon,

Communications scientifiques.

M. **Ch. Dufour** donne ses observations faites pendant l'éclipse de lune du 3 août 1887 et les compare avec les phénomènes observés pendant les éclipses de lune de 1884. (*Voir aux mémoires.*)

M. **Jean Dufour** fait une communication sur le *blackrot* et sur les caractères qui distinguent cette maladie du *coître*, bien connu dans le canton de Vaud.

Le *black-rot* est dû à un parasite, le *Phoma uvicola*, qui se développe dans l'intérieur des grains de raisin, aux approches de la maturité. En très peu de jours les grains atteints se dessèchent et deviennent d'un noir bleuâtre très caractéristique. A leur surface apparaissent des pustules noires, qui sont les fructifications du champignon.

Le *coître* est causé par un autre parasite appelé *Coniothyrium diploidiella*. Celui-ci se propage avec une extrême facilité par l'intermédiaire de la râfle et des pédoncules. Il cause ainsi la désorganisation de toute une partie de la grappe, tandis que le *black-rot* se montre le plus souvent sur des grains isolés. Enfin, le *coître* détermine une vraie pourriture humide et fétide; la pulpe du grain de-

vient plus juteuse qu'à l'état normal. La maladie du black-rot consiste plutôt en un dessèchement rapide des grains.

En Suisse, on n'a pas encore constaté le vrai black-rot; cette maladie a fait, en revanche, beaucoup de mal, en 1887, dans le Midi de la France, principalement dans les vallées de la Garonne, du Lot et du Tarn, enfin dans le département de l'Hérault, où M. Dufour a eu l'occasion de l'étudier au mois d'août dernier.

Des essais faits jusqu'ici, on peut conclure avec quelque probabilité que le black-rot pourra être combattu avec avantage à l'aide des préparations au sulfate de cuivre, employées déjà contre le mildiou.

M. **Lecoultré** présente de nouveaux interrupteurs électriques. (Voir au *Bulletin*.)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 21 DÉCEMBRE 1887.

Présidence de M. Ch. Dufour, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de M. *John Rouillard*.

L'ordre du jour appelle la nomination du président.

M. le Dr *H. Blanc* est élu président par 19 voix sur 21.

Il est procédé ensuite au remplacement de M. Blanc, vice-président.

M. *E. Chuard*, professeur, est nommé vice-président par 16 voix sur 20.

Enfin, M. le Dr *Jean Dufour* est nommé membre du comité par 20 voix sur 25.

Sur la proposition de M. FOREL, l'assemblée nomme aux fonctions de commissaires-vérificateurs, pour 1888, MM. *de Sinner*, *de Blonay* et *Golliez*, les mêmes que pour l'année 1887.

A l'occasion du second article de l'ordre du jour, M. Roux, pharmacien, demande que, pour faciliter aux forains la participation aux séances, l'assemblée avance l'heure de la première séance du mois, au moins pour les mois d'hiver.

Après discussion, la première séance des mois de janvier, février, mars, novembre et décembre est fixée à 2 heures, celle des autres mois et la seconde restent comme ci-devant à 4 heures et 8 heures.

La finance d'entrée et la cotisation annuelle sont maintenues.

Le projet de budget ci-dessous pour l'année 1888 est adopté.

RECETTES		DÉPENSES	
Intérêts	Fr. 3,000	Loyer, impôts . . .	Fr. 500
Contributions	» 1,800	Fonds de Rumine . .	» 600
Finances d'entrée . .	» 20	Administration . .	» 500
Abonnements et vente		Edition du Bulletin .	» 3,000
du Bulletin	» 80	Bibliothèque . . .	» 300
	<u>Fr. 4,900</u>		<u>Fr. 4,900</u>

M. le président propose, au nom du Comité, l'installation d'une commission des finances et lit un projet de règlement pour elle.

Une discussion s'engage à laquelle prennent part MM. *Renevier, Guillemín, Forel, de Blonay, Gollier, H. Dufour, Blanc*, et de laquelle ressortent trois propositions sur lesquelles M. le président fait voter l'assemblée :

1^o La Société veut-elle une commission des finances ? Résultat : oui.

2^o Cette commission sera-t-elle une commission consultative ? Résultat : oui.

3^o Sera-t-elle nommée par le Comité ? Résultat : oui.

M. le président annonce que le concordat proposé par M. Dutoit à ses créanciers a été accepté, en conséquence, la Société touchera encore le 5 % de la créance et la perte nette qu'elle fait dans cette affaire est de 4800 fr.

M. ROUX aimerait pouvoir publier pendant le cours de l'année civile les travaux de l'année scientifique correspondante, ceci pour éviter les charges inégales du budget, ainsi que pour l'intérêt des auteurs.

M. GUILLEMIN aimerait que les procès-verbaux fussent joints à chaque Bulletin et demande ce que sont devenus les tirages à part des dits procès-verbaux qui ont paru quelques fois ?

MM. *Forel* et *H. Dufour* expliquent pourquoi les choses en sont là.

M. *Bieler* pense que l'on peut faire quelque chose pour les forains, qui ne peuvent jamais assister aux séances et qui devraient pourtant savoir ce qui s'y fait.

M. *Renevier* appuie la manière de voir de MM. Guillemín et Bieler et propose le renvoi de la question au Comité pour étude et préavis. — Adopté.

M. S. *Chavannes* demande s'il n'y aurait pas moyen de publier la partie scientifique de nos procès-verbaux tous les quinze jours dans les journaux. Le Comité s'occupera de cette question.

MM. BIELER et BUGNION aimeraient faciliter l'entrée des séances aux étudiants, en suspendant pour eux la cotisation annuelle, et proposent le renvoi de cette question au Comité.

M. *H. Dufour* répond que ce serait faire un pas en arrière, attendu que, d'après décision antérieure prise, ils ont déjà leur entrée gratuite.

Communications scientifiques.

M. F.-A. *Forel* expose les premières recherches sur la couleur des eaux des lacs, consistant en trois séries :

1^o Environ deux cents notes au pastel figurant la teinte de l'eau vue en plein lac, suivant un rayon vertical, à l'abri de la réflexion du ciel. Ces notes donnent la couleur du lac Léman, lac bleu, et des lacs de Constance, de Zurich, de Zoug et des Quatre Cantons, lacs verts.

2^o Méthode pour préciser la couleur d'une eau déterminée, au moyen soit des colorimètres inventés par M. F. Cornu, de Bâle, soit des gammes de couleur de M. Forel.

3^o Etude de la lumière transmise dans un tube de 6 mètres de longueur à travers de l'eau filtrée par des filtres Chamberland, en biscuit tendre de porcelaine.

SÉANCE DU 11 JANVIER 1888.

Présidence de M. H. BLANC, professeur.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté après une modification.

M. le président annonce les démissions de MM. *Hirzel* et *Addor*, et constate un certain nombre d'ouvrages reçus, il remercie tout particulièrement M. *F.-A. Forel* pour ses trois brochures sur *La température interne des glaciers*, *L'instruction pour l'étude des lacs* et *La pénétration de la lumière dans les lacs d'eau douce*.

Communications scientifiques.

M. **Ch. Dufour** présente le résumé des observations pluviométriques faites à Morges pendant l'année 1887.

La quantité d'eau recueillie à Morges pendant les différents mois de l'année 1887 est la suivante :

	Millimètres.
Janvier	21.9
Février	2.3 °
Mars	111.6
Avril	53.8
Mai	63.9
Juin	39.5
Juillet	49.3
Août	148.1
Septembre	66.6
Octobre	69.3
Novembre	112.6
Décembre	137.4
Total	<u>876.3</u>

Jusqu'à la fin de 1887, nous possédons, à Morges, 12 années d'observations pluviométriques dont 8 faites chez M. le colonel Burnier et 4 chez M. le syndic Muret.

La moyenne de toutes ces observations donne 928^{mm}.3 pour la quantité annuelle de pluie. Ainsi l'année 1887 en a donné 52^{mm} de moins que la moyenne, et 272^{mm}.3 de moins que l'année 1886, qui avait été relativement humide; par contre, elle en a donné 296^{mm}.3 de plus que l'année sèche 1884, pendant laquelle il est tombé seulement 580^{mm} d'eau.

M. F.-A. FOREL ajoute à la communication de M. Dufour les détails suivants :

La moyenne annuelle des 12 années de comparaison que nous posédons montre une chute d'eau plus forte à Morges qu'à Genève de 144mm. Cette différence se répartit dans les mois suivants :

Mois.	Nombre.	Différence. mm.
Janvier	12	+ 14.6
Février	—	17.1
Mars	—	14.5
Avril	—	— 3.2
Mai	—	+ 5.6
Juin	13	15.6
Juillet	—	14.7
Août	—	16.6
Septembre	—	4.9
Octobre	—	18.4
Novembre	14	7.7
Décembre	12	16.7

Le mois d'avril est le seul qui ait une différence négative. Il a été 7 fois sur 12 plus sec à Morges qu'à Genève; en opposition à cela, le mois de mars a toujours été plus pluvieux à Morges qu'à Genève.

M. S. Chavannes présente des ossements de marmottes trouvés dans la gravière de Montoie. (*Voir aux mémoires.*)

M. Bieler fait passer un demi-kilogramme de tubercules provenant d'une seule touffe d'un *Stachys* originaire du Japon et de la Chine septentrionale, acclimaté au Champ-de-l'Air. Il recommande ce produit féculoux, lequel mis en légume rappelle la scorsonère et pourrait convenir aux convalescents.

M. F.-A. Forel donne quelques détails sur le tremblement de terre du 19 décembre. Il a été composé de deux secousses, l'une à 5 heures 48 minutes du soir, l'autre à 11 heures 18 minutes du soir. L'aire sismique a été très bien limitée dans les Alpes vaudoises et le Bas-Valais, les secousses ayant été notées à Sion, Liddes, Bex, Aigle, Gryon, l'Etivaz, Château-d'Ex, Clarens. En dehors de cette aire sismique parfaitement localisée, la secousse de 5 heures 50 m. a été constatée à Genève par de nombreux observateurs et à La Chaux-de-Fonds, ces deux localités étant à 60 et 70 kilomètres de l'aire d'ébranlement proprement dite. — Nous avons déjà, dans nos observations suisses, plusieurs exemples analogues de secousses senties assez loin en dehors de l'aire sismique principale.

M. Forel signale la présence de chauves-souris qu'il a vues voler et chasser les insectes sur le lac au mois de décembre 1887. Cette apparition anormale a été constatée par plusieurs personnes à Morges.

SÉANCE DU 25 JANVIER 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de M. A. Berney, docteur, à Rolle.

Communications scientifiques.

M. le professeur **Henri Dufour** donne le résumé des observations faites à la station météorologique du Champ-de-l'Air pour 1887. (*Voir au Bulletin.*)

M. S. Chavannes fait circuler un morceau de charbon de bois, trouvé dans la moraine de Penthalaz près Cossonay. (*Voir au Bulletin.*)

M. Paul Mayor entretient la Société des carrés magiques et de leurs formules.

SÉANCE DU 1^{er} FÉVRIER 1888.

Présidence de M. BLANC, président.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

M. le président dit que le Comité s'est occupé de la proposition de M. Bieler d'admettre les étudiants comme membres pendant la durée de leurs études, moyennant le paiement de la finance d'entrée. Il propose de la renvoyer à la séance générale de juin. — Adopté.

M. S. CHAVANNES constate que les séances à 2 heures ne semblent pas attirer le nombre de membres forains qu'elles promettaient. Il demande que le bureau s'assure du nombre de ces membres à chaque séance, afin de voir s'il ne faudra pas revenir de cette décision.

M. de Sinner ajoute que plusieurs membres du canton sont mécontents du changement.

Communications scientifiques.

M. F.-A. Forel, après avoir exposé l'organisation des travaux de la commission sismologique suisse, donne un résumé des tremblements de terre observés en 1884-86, en insistant particulièrement sur ceux qui ont été sentis dans le canton de Vaud. Ces derniers ont été au nombre de 5 en 1884, de 3 en 1885, de 6 en 1886.

M. DE SINNER fait une observation sur la cause du tremblement de terre du Simmenthal; il pense que l'érosion intérieure ne s'explique pas facilement, que l'hydratation des couches est trop lente pour être en cause et qu'il en faut venir aux phénomènes orogéniques comme cause véritable.

M. SCHARDT dit que dans la contrée il y a beaucoup d'entonnoirs d'effondrement, qu'une maison même a disparu. La chaîne des Gaskosen, qui borde le Simmenthal, est rompue dans sa longueur par une faille immense dont un côté chevauche sur l'autre; il se peut que le mouvement continue. L'effondrement produit un ébranlement qui ne se propage pas au loin. Les deux causes peuvent agir simultanément.

M. FOREL constate que la détermination des causes est difficile; il rappelle les difficultés qu'il a fallu vaincre au tunnel du Gothard pour arrêter l'expansion d'une couche qui écrasait une voûte épaisse de granit et de porphyre. Donc cette cause est puissante. Où il y a du gypse anhydre, il y a hydratation.

M. S. CHAVANNES veut qu'on ait recours aux constatations hypsométriques, qui démontreraient l'élévation ou l'affaissement du sol. Il recommande ces mesures à la commission.

M. FOREL dit qu'à Grenade on a constaté d'assez fortes dénivellations. Il reviendra plus tard sur la question.

M. RENEVIER ajoute qu'il y a de nombreux exemples d'affaissement; il demande comment le gonflement produit les secousses, les mouvements latéraux qui se répètent, comment l'exhaussement et l'affaissement deviennent des oscillations?

M. F.-A. FOREL répond que c'est par la rupture des couches. Il donne pour exemple la rupture bruyante de la glace du lac de Bret à la fin du jour quand elle a été exposée à la chaleur, puis au froid produit par l'ombre.

M. SCHARDT appuie l'explication de M. Forel et dit que la rupture des couches n'a lieu qu'à la surface; on ne sent pas les tremblements de terre dans les mines, parce que la vibration ne se propage qu'à la surface du sol. L'anhydrite, en devenant gypse, augmente dans tous les sens; il n'y aurait que soulèvement, si la dilatation n'était que verticale; mais il y a aussi un refoulement latéral, qui est la cause générale de la plupart des tremblements de terre. Toutes les roches absorbent de l'eau, d'où une désagrégation qui augmente leur volume. Le grès de Rochette à Helix Ramondi a des boursouflures, il s'est rompu à la surface en s'hydratant.

M. Rapin présente le bâti en carton d'un petit instrument construit d'après les indications de feu M. le professeur Marc Secretan et destiné à mesurer les distances focales *absolues* des lentilles et des appareils optiques convergents, c'est-à-dire les distances focales comptées, non du sommet d'une surface réfringente, ni d'un centre optique, mais à partir du point appelé *centre de départ*. Ce petit instrument, appelé par son inventeur *focal absolumètre*, se compose de trois parties :

1^o Un tube de 10 centimètres de longueur, portant à l'une de ses extrémités une lentille biconvexe de 10 centimètres de distance

focale, et à l'extrémité antérieure une ouverture d'un centimètre de diamètre; cette ouverture joue le rôle d'un objet lumineux qui, placé au foyer de la lentille, envoie derrière elle des rayons parallèles.

2^o Un second tube s'emboîtant dans le premier et renfermant la lentille ou l'appareil optique (un oculaire double, par exemple), dont on veut mesurer la distance focale absolue.

3^o Un troisième tube glissant sur le second et portant un *dynamètre* muni d'une lame translucide de nacre, divisée en dixièmes de millimètre, et sur laquelle vient se peindre l'image de l'ouverture du premier tube, comme si cette image provenait d'un objet infiniment éloigné; de sorte que, vu le rapport entre le diamètre de l'ouverture et la distance focale de la lentille de l'instrument, le nombre de divisions renfermées dans le diamètre de l'image donne la distance focale *absolue* de la lentille ou de l'appareil optique, objet de l'observation.

Voir pour explication plus complète la brochure publiée en 1855 par M. Marc Secretan, sous le titre : *De la distance focale des systèmes optiques convergents*, Paris, 1855, et l'extrait qui s'en trouve dans le petit ouvrage intitulé : *La lunette d'approche*, Lausanne, 1861, pages 274 et suiv.

M. le professeur **Renevier** présente et explique les *courbes* par lesquelles il a essayé de représenter les oscillations du sol de nos Alpes pendant les époques géologiques. (Voir compte-rendu Soc. géol. suisse, 1887.)

La ligne horizontale représente l'axe des temps géologiques, subdivisé suivant les diverses périodes et figure simultanément le niveau de la mer. Trois courbes différentes représentent les allures successives du sol, dans les *Préalpes*, dans les *Hautes Alpes* calcaires et dans les *Alpes centrales* ou cristallines. Les courbes s'enfoncent plus ou moins en dessous de l'axe horizontal suivant l'immersion plus ou moins profonde du sol d'une de ces régions, et leur passage au dessus de l'axe représente le moment de l'émergence, et leur élévation au dessus de cette ligne l'exhaussement plus ou moins considérable du sol hors des eaux de la mer.

SÉANCE DU 15 FÉVRIER 1888,

au laboratoire de physique.

Présidence de M. E. CHUARD, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. le président annonce la démission de M. *Charles Bertholet*, forestier, à Morges, et lit une lettre et une circulaire du Comité d'organisation du 4^{me} Congrès géologique international, qui aura lieu cette année à Londres, du 17 au 22 septembre, invitant cordialement MM. les membres de la Société vaudoise des sciences naturelles à prendre part à cette réunion. Le secrétaire est chargé d'envoyer les remerciements de la Société.

M. CORNAZ-VULLIET, qui publie un guide pour la contrée qui s'étend des Alpes au Jura à travers Vaud, Fribourg et Neuchâtel, désire que les membres de la Société qui le peuvent, lui donnent sans retard des renseignements sur l'histoire naturelle et la géologie de cette contrée.

Communications scientifiques.

M. H. Dufour montre des projections de photographies de la dernière éclipse de lune, prises par M. Leuba, étudiant en sciences, ainsi que leurs grossissements et fait remarquer les contours peu tranchés de l'ombre.

M. Dufour, appuyé par M. RAPIN, proteste contre l'opinion émise que l'on ait pu distinguer sur cette ombre les profils des Andes et de l'Himalaya.

M. RENEVIER, professeur, demande si l'ombre diffuse ne proviendrait pas de vapeurs.

M. H. DUFOUR répond que M. Ch. Dufour, de Morges, est bien de cet avis; de même que pour la teinte rougeâtre causée par les poussières du Krakatoa.

M. RAPIN a observé la teinte ordinaire gris-bleuâtre de l'éclipse qui peu à peu a passé au rougeâtre; du reste, ces deux Messieurs trouvent que ces teintes sont mieux suivies à l'œil nu qu'avec le télescope.

M. H. DUFOUR ayant demandé à M. Gauthier, maître de sciences au Chenit, la vérité sur les températures exceptionnelles de fin janvier dans cette localité, ce dernier lui a envoyé des notes d'où il ressort qu'effectivement les froids y ont été intenses, du 28 janvier au 2 février, avec un maximum de refroidissement le 31.

Soit, le 30 janvier : — 26° — 29° — 31° — 35°

» 31 » — 36° — 34° — 36° — 41°

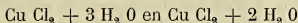
M. H. Dufour pense que le rayonnement nocturne est pour quelque chose dans cet abaissement si extraordinaire de température, les nuits ayant été très claires; de même aussi la disposition en entonnoir de la contrée. Il fait remarquer, en outre, que les grands froids correspondent ordinairement à la hausse barométrique, ce qui, pour ces derniers froids, n'a pas eu lieu.

Les renseignements de M. Gauthier feront l'objet d'une note pour le Bulletin.

M. Henri Dufour montre un nouveau spectroscope fabriqué à Genève; MM. les membres sont invités à voir, après la séance, les spectres de l'azote et de l'hydrogène.

M. E. Chuard, professeur, présente un nouvel hydrate de chlorure cuivrique, qu'il a obtenu en faisant cristalliser à une température inférieure à 0° une solution de chlorure de cuivre vert. Ce nouvel hydrate est en cristaux bleus, très peu altérables à l'air, et contient trois molécules d'eau de cristallisation, tandis que le chlorure vert n'en renferme que deux molécules. Son existence explique les variations de couleur que présente une solution de chlorure de

cuivre. La solution concentrée, qui est verte, renferme le chlorure à deux molécules d'eau de cristallisation. Si on la dilue ou la refroidit au dessous de 0°, elle devient bleue, par suite de la formation de l'hydrate à trois molécules d'eau. La solution bleue, même très diluée, chauffée aux environs de son point d'ébullition, reprend la couleur verte par suite de la transformation de l'hydrate



M. **Lecoultre** fait circuler deux nouveaux modèles de commutateurs électriques faits en bois et à bon marché.

M. **RENEVIER**, professeur, annonce que le volume XIV des *Mémoires de la Société paléontologique suisse* vient de paraître. Il contient cinq mémoires, de MM. **Haas**, **Koby**, **Th. Studer**, **G. Mailiard** et **P. de Loriol**, avec 35 planches 4°, dont une double et coloriée. Le premier de ces mémoires intéresse plus spécialement la Société, c'est celui de M. Haas, qui décrit les Brachiopodes jurassiques des Alpes vaudoises (2^e partie) d'après les originaux du Musée de Lausanne.

SÉANCE DU 7 MARS 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Sur la proposition de M. le président, l'assemblée se lève en signe de deuil et en souvenir de M. le professeur *Marguet*, mort récemment.

Communications scientifiques.

M. F.-A. **FOREL**, professeur, ayant suggéré à M. le Dr **A. Odin** la recherche d'une formule de l'écoulement des glaciers, présente, au nom de ce dernier, les travaux exécutés sur ce sujet.

M. **Forel** fait passer des photographies de M. Terra, à Chamounix, représentant les glaciers des Bossons et des Bois, aux mêmes points et plusieurs années consécutives; ces photographies devaient servir à une communication que M. Forel ne fera qu'à la prochaine séance, vu l'ordre du jour très rempli.

M. **Forel** entretient ensuite la Société des causes qui peuvent avoir produit, au milieu de janvier, ces couches molles de glaçons de neige sur notre lac.

M. le Dr **H. Schardt** décrit la structure compliquée du massif des *Dents du Midi*. Vue de Montreux, cette arête découpée se présente sous forme d'une muraille de néocomien bâtie sur un soubassement éocène, en dessous duquel apparaît de nouveau du néocomien en position normale, pendant que celui du haut de l'arête est renversé. Cela ressort fort bien d'un grand dessin représentant cette

vue et coloré géologiquement. On constate en montant du terrain tertiaire, grès et schistes rouges oligocènes, puis du flysch éocène sous forme de grès, schistes à fucoides, poudingues, etc., en immense épaisseur et formant le noyau couché de la synclinale. Le calcaire nummulitique suit sur 30-40^m d'épaisseur, ayant à sa base un facies local, le terrain sidérolithique, grès ferrugineux, minéral de fer et poudingue; l'urgonien forme un banc coupé à pic, que surmonte le néocomien, recourbé en voûte couchée. Le haut de l'arête n'offre plus que quelques petits lambeaux de calcaire urgonien, à la Dent Jaune et à la cime de l'Est (urg. inf.). Ce terrain y a presque totalement disparu, preuve la moraine de Salanfè qui se compose à moitié de cette roche. Le versant S.-O. de la vallée du Rhône présente un profil naturel de cette arête représentée par un second dessin, pris de la mine de Collonges; il montre la cime de l'Est avec son sol urgonien, les rochers de Gagnerie et la preuve d'une faille entre ces deux sommets; puis le voisinage de l'éocène et du gneiss du massif du Salantin.

M. **Schardt** signale ensuite plusieurs *nouveaux gisements fossilières* dans les Alpes du Chablais. Au moyen d'une grande vue géologique, prise du mont Chauffé, il montre la position d'un affleurement des couches à mytilus (bathonien) au col d'Utane entre la pointe de Linleux et les rochers de Recon. Ce terrain y forme deux bandes de chaque côté de cette voûte rompue. La bande S.-E. est surtout bien à découvert et offre une grande abondance de fossiles absolument identiques à ceux du mont Laitmaire près Château-d'Ex. Ce même terrain apparaît sur d'autres points de cette arête et se continue jusqu'à la vallée du Rhône en dessous de Reverculaz, pour aboutir à Vionnaz, où on a tenté d'y exploiter du charbon. La klippe de Treveneuz sur Vionnaz en renferme encore un affleurement.

Au col de Vernaz, où affleure du trias (corgneule et dolomie), M. Schardt a trouvé une succession régulière de rhétien, très riche en fossiles, hettangien, lias inférieur, toarcien, couches à mytilus et malm, ce dernier formant la pointe de Vernaz.

M. **Schardt** montre encore une mâchoire de *Pycnodus* toute garnie de dents et fort bien conservée, provenant des couches à mytilus du Rubli (Pays-d'Enhaut).

M. **N. Loewenthal** fait une communication sur la *tache germinative des ovules primordiaux*. Après avoir donné un aperçu historique de la question, M. Loewenthal communique les observations qu'il a faites sur les coupes de l'ovaire des chattes et des chiennes nouveau-nées, pour ce qui touche à la forme, à la situation et à l'affinité pour les colorants nucléaires, de la tache germinative, et présente des préparations microscopiques à l'appui de son exposé. Les observations consignées dans cette communication seront décrites en détail dans une note à part.

M. le président ajoute quelques mots sur les taches germinatives chez les invertébrés.

M. **H. Dufour** annonce le mémoire de M. Gauthier sur les températures exceptionnellement basses du lac de Joux en janvier et février de cette année; il dit aussi que la dernière sonne pour

l'expédition à l'exposition de Londres des appareils destinés aux observations sur l'électricité atmosphérique.

M. le professeur **Herzen** communique ses travaux sur la nature des mouvements fonctionnels du cœur. (*Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, XXIII, 97.)

SÉANCE DU 21 MARS 1888.

Présidence de M. le Dr **BLANC**, président.

Le Comité a étudié les deux propositions suivantes : Celle de M. Bieler sur la publication mensuelle ou bi-mensuelle des procès-verbaux, et celle de M. Guillemain sur leur publication dans chaque Bulletin. Le Comité s'est arrêté à cette dernière, M. Bieler ayant fait savoir qu'il s'y rangeait également. La Société confirme la décision du Comité et chaque Bulletin contiendra des procès-verbaux des séances.

Communications scientifiques.

M. S. Chavannes parle des lignites intra-glaciaires et en fait circuler des échantillons. (*Voir au Bulletin.*)

M. de Meuron, ingénieur, ajoute quelques mots au mémoire publié dans le Bulletin 96 par M. de Sinner sur un « groupe de blocs erratiques aux portes d'Yverdon. » (*Voir au Bulletin.*)

M. DE SINNER voudrait qu'on fit une collection d'échantillons enlevés aux blocs erratiques avant leur disparition complète.

M. DE MEURON ajoute qu'on les inscrit dans un registre et que plusieurs sont indiqués dans la carte fédérale à grande échelle.

M. S. CHAVANNES dit que nous n'avons pas de moraines frontales sur le plateau, qui a été parcouru assez rapidement par le glacier. Il n'en est pas de même dans les cantons de Neuchâtel, Berne et Soleure, où ces moraines sont d'aspect varié, à cause des vallées accessibles au glacier.

M. DE MEURON constate qu'à Neuchâtel, le glacier a rendu plusieurs endroits stériles, soit par amas de blocs, soit par enlèvement de terre.

M. Paul Mayor présente un échantillon de bois du noyer blanc d'Amérique; c'est le bois le plus dur après le teck. Les Américains s'en servent pour faire des chars très légers, des manches d'outils. Son tronc est droit.

Il y a aussi, dans l'Etat de New-York, le noyer noir, dont le bois ressemble au palissandre.

Une troisième espèce est le noyer de beurre, dont le bois est très tendre.

Les trois donnent des noix : celle du noyer blanc est de la gros-

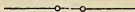
seur d'une noisette; celle du noyer noir est de la taille de la nôtre, mais l'intérieur en est compliqué et ligneux. On n'utilise pas ces fruits.

Dans le Tennessee, une partie des arbres des forêts sont accompagnés d'un cep de vigne qui croît avec l'arbre, mais un peu moins vite que lui, de sorte que la vigne est très tendue et se rompt, la tige restant sur l'arbre. Ces ceps ont de 10 à 15 centimètres de diamètre.

Cette vigne a des raisins comme des grains de grenaille, acides comme du vinaigre, dont la récolte serait, du reste, difficile.

M. Jean Dufour mentionne une observation qu'il a eu l'occasion de faire récemment sur la manière dont le *puceron lanigère* passe la saison morte. On admet généralement que ces parasites des pommiers émigrent à la fin de l'automne et vont se réfugier à la base du tronc et même sur les racines superficielles. Ce fait est vrai pour une partie d'entre eux. Mais il existe aussi un bon nombre d'insectes qui passent l'hiver sur les petites branches, dans les endroits mêmes qu'ils ont occupés pendant l'été. Si l'on veut procéder à une désinfection soigneuse de l'arbre, il ne faut donc pas négliger de couper et de brûler toutes les petites branches atteintes de chancres et de blessures. On ne doit pas se borner à nettoyer sommairement le tronc, comme cela se fait trop souvent.

M. BLANC ajoute que la laine du puceron est un organe de protection, soit contre l'humidité, soit contre la température.



PROCÈS-VERBAUX



SÉANCE DU 4 AVRIL 1888.

Présidence de M. le Dr BUGNION.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Communications scientifiques.

M. le professeur **E. Bugnion** expose le résultat de ses recherches sur le développement et sur la structure anatomique de l'*Encystus fuscicollis* Dalén (Halc thorax major), petit Chalcidien parasite de la chenille de la Teigne du fusain. (*Voir aux mémoires.*)

M. Schnetzler, professeur, communique ses observations sur la germination de *Ranunculus aquatilis*. (*Voir au Bulletin.*)

Le même auteur présente un travail sur la résistance des végétaux à des causes qui altèrent l'état normal de la vie. (*Voir au Bulletin.*)

M. Henri Dufour, professeur, décrit une nouvelle modification apportée à l'hygromètre à condensation présenté précédemment à la Société. Le thermomètre, qui doit déterminer la température du point de rosée, est placé dans un trou percé dans l'épaisseur de la plaque de cuivre argentée sur laquelle se fait ce dépôt. Dans ce cas, la température du thermomètre est bien celle du métal sur lequel la rosée se dépose; on augmente par ce fait la précision des mesures.

Le même indique le principe d'une méthode différentielle pour la mesure des tensions des vapeurs dans les gaz.

M. Bieler montre quelques exemplaires d'un *tænia elliptica* de petite dimension, ayant seulement une longueur de 5 à 6 millimètres, et qui se trouve parfois en si grande quantité dans l'estomac et les intestins des chiens, de boucher par exemple, qu'il occasionne des accès tout à fait semblables à ceux de la rage, tristesse, inappétence, œil hagard, envie de mordre, etc.

A l'état larvaire, ce *tænia* se trouve sous forme de kystes ou vésicules remplies de liquide, de dimensions variables, dans le foie du porc ou d'autres animaux, et la membrane interne de ces kystes porte un grand nombre de têtes de *tænia*s; en outre, il se fait une

abondante prolifération de cellules secondaires, qui ont l'apparence d'une boue grisâtre, mais dont chaque parcelle est une colonie de nombreux germes de *tœnia*. M. Bieler montre sous le microscope un amas d'une cinquantaine de ces germes, dont l'ensemble paraît à l'œil nu comme un grain de poussière.

On peut comprendre, par cette démonstration, combien il est dangereux d'utiliser les viscères d'un animal atteint de ces kystes, et combien la sévérité de la police sanitaire est indispensable pour éviter des accidents aux consommateurs.

SÉANCE DU 18 AVRIL 1888.

Présidence de M. E. CHUARD, vice-président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Communications scientifiques.

M. Henri DUFOUR présente, au nom de M. Bussy, instituteur, à Cossonay, un graphique météorologique de cette localité pour 1887, et, pour la même année, les observations pluviométriques de quatre stations de La Vallée, faites par M. Gauthier, instituteur, au Sentier. Ces observations montrent l'influence des forêts du versant sur la quantité de pluie qui tombe.

M. Renevier, professeur, entretient la Société d'une course géologique qu'il vient de faire, pendant les vacances de printemps, avec M. le Dr Guebhard, de la Faculté de médecine de Paris, dans les Alpes-Maritimes, de Grasse à Escragnolle.

Cette excursion avait essentiellement pour but d'examiner les conditions stratigraphiques du gault de Clars et du néocomien d'Escragnolle, dont M. Renevier a pu rapporter une belle série de fossiles, et surtout de rechercher un petit gisement éocène à coquilles parfaitement intactes, comme celles du bassin de Paris, dont il avait reçu dans le temps quelques fossiles.

Grâce à une indication de M. le professeur Pavier, de Paris, et aux connaissances locales de M. Guebhard, M. Renevier a pu retrouver ce joli gisement, qui constitue un petit lambeau éocène isolé au milieu des terrains jurassiques, et perdu dans un pays désert, dit *Castéou d'Infer*. Il en a rapporté une quinzaine d'espèces très bien conservées, parmi lesquelles *Cerit Diaboli*, *C. plicatum*, *C. elegans*, *C. hexagonum*. C'est exactement la faune de la couche à cerites des Diablerets, Faudon, St Bonnet, Branchai, etc., mais ici les coquilles sont absolument intactes.

M. Henri Dufour, professeur, montre un instrument portatif pour la mesure de la tension électrique de l'air, électromètre de M. le professeur Excur, de Vienne, aménagé pour un transport facile, dans lequel les feuilles d'or sont remplacées par des feuilles d'aluminium.

Le même fait passer quatre photographies d'éclairs faites en Amérique, hommage de la Société météorologique de Londres. — Une cinquième photographie circule, représentant la station météorologique du Sântis, avec ses nombreux paratonnerres.

M. Henri Dufour décrit encore les expériences de M. Amagat, de Lyon, sur la solidification des liquides sous pression et plus particulièrement du C^2Cl^4 (dichlorure de carbone). M. Dufour fait passer des photographies de ce liquide cristallisé et démontre sur la planche noire la combinaison qui permet de laisser passer les rayons lumineux dans ce liquide sous pression.

M. Guillemin, ingénieur, parle de quelques alliages pour la fabrication des robinets de cave et finit par recommander le nickel pur.

M. CHUARD est de cet avis et dit qu'il a vu tout un établissement de robinetterie en nickel; ce métal est devenu très bon marché, depuis qu'on trouve son silicate en grande quantité dans la Nouvelle-Calédonie.

SÉANCE DU 2 MAI 1888,

à l'auditoire du Musée géologique.

Présidence de M. le Dr BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

Communications scientifiques.

M. le professeur **Renévier**, profitant de ce que la Société est réunie à l'auditoire du Musée géologique, a préparé une exposition des *fac-similés* de fossiles, et en particulier de tortues, qu'il a fait faire l'automne passé, comme matériaux d'échange, et dont quelques-uns ont été peints récemment par MM. Gollietz et Bertschinger.

Le même fait passer une boîte contenant les séries comparatives des fossiles noirs des Diablerets et des jolies coquilles blanches du gisement dont il a parlé dans la dernière séance, au Castéou d'Infer près Mons (Var).

Enfin, M. **Renévier** donne quelques détails sur le gisement des grandes empreintes de palmiers, acquises récemment pour le Musée.

Au nord-est de Vérone se trouve le petit bassin crétacéo-nummulitique de M^{te} Bolca, si célèbre par ses poissons fossiles. Il repose sur les calcaires jurassiques qui forment tout le sous-sol et s'étendent surtout au nord. Il est traversé par des éruptions basaltiques et recouvert en partie par leurs épanchements et leurs agrégats volcaniques. M. Renévier expose à ce sujet la carte géologique du Véronais, de M. E. Nicolis, et un profil au 1 : 12,500^e au travers du bassin, que M. Nicolis a bien voulu préparer pour la circonstance. La

couche à poissons de Bolca occupe la base des couches éocènes. Au-dessus viennent les couches coquillières, puis des bancs épais d'agréats volcaniques, parfois fossilifères. C'est au milieu de ces agréats que se trouvent intercalés trois bancs principaux de schistes bitumineux. Celui du milieu contient des lignites avec *crocodiles*, etc.; l'inférieur et le supérieur, des plantes fossiles. L'horizon supérieur de schistes à végétaux est celui de Chiavon; l'inférieur est celui de *Véroni*, d'où proviennent nos grandes plaques, que la Société ira visiter à la fin de la séance. Tout ceci a beaucoup d'analogie de faciès avec notre aquitanien de Rochette, mais l'âge paraît être un peu plus ancien, éocène supérieur ou oligocène inférieur? Ce sera à la paléontologie de prononcer.

Notre plus grande plaque, de 3m.20 sur 1m.35, porte un *palmier complet*, reçu sous le nom de *Latanites Maximiliani*, Vis. A l'extrémité d'un tronc de 1m.10 partent 4 pétioles de 70 centimètres à 1m.10 de longueur, terminés chacun par un limbe flabelliforme de 50 à 70 centimètres de rayon.

Deux autres plaques, un peu moins grandes, portent, l'une deux feuilles, l'autre une seule, de palmier à feuilles pennées, reçues sous le nom de *Phœnicites italicus*, Mass. Ces 3 feuilles sont de 1m.70 à 2m.50 de longueur; leur limbe a jusqu'à 1m.60 et les folioles jusqu'à 1 mètre.

Ces trois pièces seront un bel ornement pour notre futur Musée. Pour le moment, faute de place, elles sont entreposées dans une salle de rez-de-chaussée, sous le Musée archéologique, avec la grande pirogue des palafites et d'autres grandes pièces d'antiquités. C'est là que la Société va les visiter.

M. le professeur **F.-A. Forel** a étudié les réfractions et mirages pendant un voyage récent en Algérie et en Tunisie; il y a vu les trois formes classiques: réfractions d'hiver avec mirage, réfractions d'été et *Fata Morgana*. Il les a vues aussi belles, mais non plus belles que celles qu'il a étudiées sur le lac Léman.

M. **Jean Dufour** présente les résultats de recherches faites, en collaboration de M. le professeur **Chuard**, sur l'*influence du sulfatage des vignes sur la qualité de la récolte*. Dans les vignes atteintes du mildiou, les feuilles ne peuvent plus fonctionner d'une manière normale, et la production du sucre subit un ralentissement qui se traduit d'une manière très appréciable au moment de la récolte. Des sondages, faits dans les différents vignobles du canton, ont montré, en effet, que les moûts provenant de vignes non sulfatées sont presque constamment *moins riches en sucre* que ceux récoltés dans les parchets voisins, traités par la bouillie bordelaise ou l'eau céleste.

Les écarts obtenus sont souvent assez considérables; ainsi, pour Lausanne, Lutry, Concise, etc., on trouve des différences maximales de 3.5 à 3.8 degrés de la sonde Guyot, en faveur des moûts sulfatés.

Les vins provenant de vignes traitées sont aussi plus riches en alcool que ceux des vignes non sulfatées. Les recherches ont porté sur 44 échantillons. La différence en faveur des vins sulfatés a été trouvée en moyenne de 0.86 %.

M. E. CHUARD, professeur, ajoute à la communication faite par M. J. Dufour quelques observations concernant la composition des vins

non sulfatés, comparée à celle des vins sulfatés. Outre la différence notable dans la proportion d'alcool, en faveur des vins sulfatés, il a été constaté que l'extrait sec, préparé à 100°, est toujours plus fort dans ces derniers que dans les vins provenant de vignes atteintes par le mildew et non traitées. Quelques-uns de ces vins non sulfatés fournissaient même un extrait si faible, qu'en leur appliquant la méthode d'appréciation habituelle on eût pu les considérer comme gallisés, et cependant on avait toutes les garanties possibles de leur pureté.

La détermination des acides libres (exprimés en acide tartrique), dans les vins sulfatés et non sulfatés, a conduit à un résultat assez inattendu. Dans certains parchets (Tartegnins, Nyon, Aigle, etc.), où la proportion moyenne d'alcool était, en 1887, comprise entre 9 et 10 %, les vins *non sulfatés* ont montré régulièrement une acidité *plus forte* que les *vins sulfatés*. Dans d'autres vignobles (Orbe, Eclépens, Prangins, etc.), où la proportion moyenne d'alcool est plus faible et oscille entre 7 $\frac{1}{2}$ et 9 %, pour les échantillons examinés, la quantité d'acides libres est au contraire *plus faible* chez les vins *non sulfatés*. Il n'est pas possible de hasarder en ce moment une explication de ces singulières anomalies, qui n'ont apparu qu'au moment où les auteurs de ces observations ont dressé le tableau général des résultats d'analyses, alors que le matériel qui les avait fournies n'était plus entre leurs mains. La prochaine récolte, si elle permet de renouveler ces constatations, en fournira peut-être aussi une explication satisfaisante.

Des doutes ayant été élevés par M. GUILLEMIN sur l'exactitude des données du glucomètre, M. CHUARD donne des explications.

SÉANCE DU 16 MAI 1888.

Présidence de M. le Dr BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Ganty-Berney, à Château-d'Œx, est présenté comme candidat par MM. Blanc et Chuard.

M. E. RENEVIER fait hommage à la Société du second numéro de *Eclogae geologicae Helvetiae*, bulletin de la Société géologique suisse.

Communications scientifiques.

M. Guillemin, ingénieur, montre un pistolet pour l'inflammation des mèches et fait quelques expériences à l'appui.

M. R. Guisan, ingénieur, fait circuler un « coco de mer », que M. Rouillard, juge à l'île Maurice, envoie à la Société. Il donne sur ces fruits les renseignements suivants :

Souvent les marins naviguant dans les mers des Indes recueillaient à la surface de la mer un énorme fruit, dont la forme étrange

lui valut de la part des matelots un nom grossier, mais caractéristique. Jamais on n'avait vu l'arbre qui le produisait, aussi, croyant qu'il provenait d'une plante sous-marine, reçut-il le nom de *coco de mer*. Grâce à sa provenance mystérieuse, ce fruit jouissait de la réputation de posséder des propriétés merveilleuses. En tout cas, c'était un fruit rare.

Il y a un certain nombre d'années, on découvrit dans deux ou trois des nombreux îlots qui forment l'archipel des Seychelles, le palmier qui produit ce fruit étrange, auquel on donna le nom de *Lodoicea Seychellensis* ou *Lodoicea Seychellarum*. Ce palmier pousse sur le rivage de ces petits îlots; le fruit, enveloppé de sa gaine fibreuse, tombe à la mer, ou est enlevé par les vagues et entraîné par les courants, celui de Mozambique entre autres; il était repêché parfois à plus de 500 lieues de son lieu d'origine, soit entre Ceylan et Sumatra, soit au sud de Madagascar, à la latitude de Natal.

La Société prie M. Guisan de remercier M. Rouillard et décide que ce fruit sera déposé au cabinet de botanique.

M. R. Guisan présente un profil du fond du lac entre Ouchy et Evian, dressé à l'occasion d'études qui se font pour établir entre ces deux localités une correspondance téléphonique.

M. Paul Mayor raconte qu'il a vu au fond de l'eau, à deux et trois mètres de profondeur, sur les côtes des Etats-Unis, des roches striées. Il demande si ces stries ne seraient pas glaciaires.

M. RENEVIER répond qu'il y a dans la nature des roches striées de provenances diverses.

SEANCE DU 6 JUIN 1888.

Présidence de M. le D^r BLANC, président.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté avec une réserve.

M. Ganty-Berney, instituteur, à Château-d'Ex, est proclamé membre de la Société.

M. le président donne le programme de la journée du 20 juin, à Payerne.

Sont proposés comme candidats : MM. J.-L. Chuard, colonel; Neiss, docteur; Champion, voyer; L. Baud, directeur.

M. de Sinner ayant démissionné de ses fonctions de commissaire-vérificateur, M. E. Renevier sera prié de le remplacer provisoirement.

Communications scientifiques.

M. Schnetzler, professeur, présente un exemplaire d'*Eremurus robustus* Regel. Cette belle liliacée, de la tribu des Asphodèles, est originaire du Turkestan. La fleur est protérandrique, c'est-à-dire que

le pollen d'une fleur est prêt pour la fécondation, avant que le gynécée de la même fleur soit en état d'être fécondé. L'ovaire, d'un beau jaune citron, doit attirer les insectes qui viennent chercher du miel. Il a constaté que la coloration jaune de l'ovaire provient d'une huile jaune qu'on peut extraire à l'aide de l'alcool.

Cette plante a été cultivée à Lausanne chez M. François Pittet, horticulteur.

M. Golliez décrit la tortue trouvée à la Borde par M. Lugeon. Les caractères généraux rattachent ce chélonien au genre *Cistudo* et l'individu trouvé appartient à une espèce nouvelle. On connaissait jusqu'ici trois *Cistudes* de notre mollasse, la *C. Razoumowsky*, très large; la *C. Morloti*, connue par quelques fragments de son plastron, et, enfin, la *C. Heeri*, qui se rapproche de l'espèce nouvelle dont il est ici question. M. Golliez fait la description sommaire des caractères qui établissent la distinction entre cette espèce et la *C. Heeri*; il donnera, du reste, dans notre Bulletin, la description complète. Curieuse coïncidence, la plus belle tortue de la mollasse suisse trouvée jusqu'à présent était présentée il y a quelques années. à notre Société par notre savant et regretté collègue M. Ph. de la Harpe. Dès lors, on n'a plus trouvé de tortue chez nous, jusqu'à cet exemplaire, lequel, à son tour, peut être déclaré le plus beau. M. Golliez, d'accord avec M. Lugeon, propose de dédier cette *Cistude* à M. Portis, professeur à Rome, savant distingué qui vient de donner une monographie très complète de nos chéloniens tertiaires; on l'appellera donc *Cistudo Portisi*.

M. F.-A. Forel, professeur, raconte ses impressions sur les phénomènes de lumière et de couleur observés en Algérie et comparés à ceux des Alpes.

Dans les contrées méridionales, comme dans les hautes altitudes, l'atmosphère est plus transparente, la lumière plus intense, les couleurs plus vives. La flore, en particulier, paraît plus éclatante. Cet éclat n'est pas objectif, mais il est dû à l'éclairage plus brillant. Des fleurs des Alpes, apportées parfaitement fraîches dans la plaine, n'y présentent plus la même intensité de couleurs; des pierres récoltées dans les Alpes et en Algérie semblent pâlir sous nos ciels brumeux.

Les mêmes faits se reconnaissent dans la couleur des eaux. La Méditerranée a presque la même nuance que le Léman; elle a les nos 4-8 de l'échelle Forel, tandis que le Léman arrive aux nos 6-8 en hiver, 10-12 en été. La plus grande limpidité des eaux de la Méditerranée explique cette petite différence dans la mesure; le rayon lumineux y traverse une plus grande épaisseur d'eau. Or, l'on sait qu'une solution bleuâtre tire d'autant plus vers le bleu que son son épaisseur est plus grande. Quant à l'éclat plus brillant du bleu de la Méditerranée, il provient d'un éclairage plus vif.

De même dans les sources limpides de l'Algérie, Aïn-Tellout, Hammam-Sidi-Megid, ou les lacs bleus des Alpes (lac Lucel, vallon d'Arolla) ont le même bleu que celui du Léman, mais plus intense et plus brillant.

M. Golliez présente à la Société quelques observations nouvelles sur les terrains crétaciques moyens de la vallée de Joux. Après avoir cité les auteurs qui ont parlé de la présence de ces terrains dans

La Vallée, M. Gollier fait voir comment il y a constaté le complet développement du gault et de l'aptéen et comment il est obligatoire de se représenter ces couches comme occupant leur place tout le long de La Vallée. (*Voir aux mémoires.*)

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 20 JUIN 1888, A PAYERNE.

Présidence de M. BLANC, président.

Le procès-verbal de la précédente séance est lu et adopté.

M. le président annonce quatre candidatures, celles de MM. Pfister, Champion, pharmacien; Joly et Gueissaz.

MM. *Chuard*, préfet; *Neiss*, docteur; *Baud* et *Champion*, voyer, sont reçus membres de la Société.

M. le président présente son rapport annuel sur la marche de la Société. (*Voir aux mémoires.*)

M. GOLLIEZ lit le rapport de la Commission de vérification des comptes, composée de MM. Renevier, de Blonay et du rapporteur. Elle propose l'établissement d'un compte de rentier, l'étude du remaniement des fonctions de caissier et l'approbation des comptes présentés. Elle propose, en outre, des remerciements au Comité, à M. Pellet, au caissier et au bibliothécaire.

Ces conclusions sont adoptées.

Trois membres honoraires sont à remplacer; on propose MM. *Risler* et *Paul de Gasparin* (présentés par MM. Bieler, Chuard et J. Dufour).

Une autre lettre propose M. *Coaz*, inspecteur fédéral des forêts (présenté par MM. Forel, Bieler et Schnetzler).

Ces Messieurs sont nommés membres honoraires de la Société vaudoise.

L'assemblée nomme MM. *Blanc* et *Chuard* comme délégués à la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles, à Soleure.

M. *Renevier* est nommé membre de la commission de vérification des comptes, dont il a fait partie jusqu'ici à titre provisoire.

Communications scientifiques.

M. le professeur **H. Brunner**, en étudiant l'action des hydrocarbures aromatiques nitrés sur les phénols, a constaté qu'il se forme, outre le nitrobenzol et la résorcine, une matière colorante identique à la diazorésorufine de Weselsky et à la matière colorante obtenue par Liebermann par action de l'acide nitrosylsulfurique sur la résorcine. M. Brunner, en poursuivant cette étude, en partie avec ses assistants, MM. Kræmer et Chuit, a pu donner une explication

de la réaction des nitrosodérivés, de la réaction de Liebermann, et a constaté que cette réaction repose sur la formation de matières colorantes, d'une superbe fluorescence et de propriétés dichroïques remarquables, et il appelle, à cause de cela, ces matières colorantes les *Dichroïnes*. Il a, en outre, constaté que les dichroïnes se forment par l'action du chlorure et du bromure de nitrosyle, qui se dégagent dans l'eau régale et l'eau régale bromée, sur les phénols qui, comme pour les réactions précédentes, doivent appartenir à la série « méta »; un oxhydride se place vis-à-vis d'un atome d'azote dans la position « para ». Ceci explique aussi l'observation faite par M. Brunner, que les acides para-amidophénolsulfoniques se transforment en dichroïnes par une distillation sèche. Suivant le groupement des autres oxhydrides vis-à-vis de l'azote, M. Brunner distingue entre α — dichroïnes et β — dichroïnes. A côté des dichroïnes se forment presque toujours des matières colorantes non fluorescentes, dérivant du radical nitryle, que M. Brunner désigne comme *Oxychroïnes*. Enfin, les phénols dont les nitrosodérivés sont des Chinonoxides, comme par exemple le Thymol, forment des matières colorantes d'une autre constitution que les précédentes et sans fluorescence, les *Chroïnes*.

M. **Henri Dufour**, professeur, montre à la Société les premiers tracés obtenus avec un *hygromètre enregistreur* à lame de baudruche.

M. **Et. Guillemin**, ingénieur, lit un mémoire sur l'*origine des comètes*.

Le développement remarquable des queues de comètes est attribué par M. Faye à une force répulsive proportionnée à la surface. M. C. Flammarion, considérant la vitesse prodigieuse que certaines comètes ont acquise dans le voisinage du soleil, estime que le phénomène est dû à de la matière impondérable.

Ces deux hypothèses ne sont pas contradictoires, car la force répulsive étant proportionnelle à la surface, son rapport avec la force attractive est proportionnel à celui de la surface au volume, c'est-à-dire en raison inverse du diamètre des molécules soumises à l'action des dites forces.

Si donc les molécules, désagrégées par la chaleur, deviennent infiniment petites, la force attractive devient nulle relativement à la force répulsive; ensorte que l'état pondérable ou impondérable de la matière pourrait s'expliquer par une simple division plus ou moins grande de ses molécules.

Après la condensation du système solaire, les parties les plus divisées de la nébulosité furent repoussées par la chaleur et l'ensemble présenta l'apparence d'une nébuleuse analogue à celle de l'Orion, au sein de laquelle on distingue plusieurs soleils plongés dans une vapeur, qui a bien plus l'aspect d'une substance cométaire repoussée, que celle d'une matière en état de condensation, telle qu'on se la figure d'après l'hypothèse de Laplace.

Une partie de la nébulosité s'est perdue dans l'espace, une autre partie s'est condensée peu à peu, en formant des comètes qui sont allées se fixer et se désagréger autour d'autres mondes. Enfin, la plus grande partie est restée fixée au système solaire; de nombreuses comètes, dont les éléments se sont disséminés, ont donné lieu à plusieurs anneaux de poussières cosmiques; ceux-ci se sont

successivement condensés dans les temps anciens et ont, à plusieurs reprises, traversé l'orbite terrestre.

Prochainement, nous examinerons l'influence exercée par ces corpuscules cosmiques sur le relief du sol et sur le climat.

M. le professeur **Schnetzler** parle du mouvement rotatoire du protoplasma dans les cellules de *Chara fragilis* et d'*Elodea canadensis*. (*Voir aux mémoires.*)

M. **Charles Dufour**, professeur, à Morges, donne les renseignements qu'il a pu recueillir relativement à la trombe qui est apparue sur le lac Léman, devant Cully, le 19 août 1887, et qui, pendant huit minutes, a parcouru un espace de 6100 mètres. La colonne de cette trombe avait une hauteur de 106 mètres. (*Voir aux mémoires.*)

M. **Jean Dufour** montre des cartes établissant la *situation phylloxérique actuelle du vignoble zurichois*. Le parasite y a été découvert en 1886; puis, en 1887, de nombreuses taches nouvelles ont été constatées. Le vignoble de Regensberg-Dielsdorf est atteint d'une manière très grave et paraît voué, dans un avenir assez prochain, à une destruction certaine.

M. **J. Dufour** met ensuite en circulation des chenilles de la *pyrale de la vigne*, un parasite fort ancien, mais encore peu répandu chez nous. Ces chenilles ont été récoltées à Aigle, ces jours derniers, par M. Colomb, régent.

M. **F.-A. Forel** décrit les *phénomènes de dispersion chromatique dans l'eau*. Au foyer de convergence des surfaces cylindroïdes des vagues, les lignes de concentration lumineuse qui se dessinent sur le sol montrent les couleurs du spectre par dispersion à la surface de réfraction de l'eau. Le soleil étant le centre d'illumination, le rouge est extérieur, le bleu intérieur à ces lignes. Le phénomène est d'autant plus brillant que la lumière est plus vive et que l'eau est plus limpide, chaque forme de vague demandant du reste une profondeur déterminée de l'eau pour que le foyer de convergence frappe sur le sol.

M. Forel l'a étudié dans les eaux admirablement transparentes du lac Lucel, vallon d'Arolla (Valais) et de la piscine de Hammam-Sidi-Meïd, près Constantine, sous le soleil également puissant de la région alpine et du ciel de l'Algérie. Dans le lac Léman, l'apparition est beaucoup plus rare, mais elle y est cependant parfois visible.

M. **Forel** annonce la capture d'un nouvel exemplaire de *Gordius aquaticus* dans les eaux du Léman par les pêcheurs d'Ouchy. Ce ver, parasite des sauterelles et déposé par elles dans les eaux terrestres, est entraîné accidentellement dans le lac, à la faune normale duquel il ne saurait appartenir.

SÉANCE DU 4 JUILLET 1888.

Présidence de M. H. BLANC, président.

Le procès-verbal de la séance précédente est lu et adopté.

MM. *Pfister*, *Champion*, pharmacien; *Joly* et *Gueissaz* sont proclamés membres de la Société.

M. le président lit des lettres de remerciements de M. Louis Dufour, ancien professeur, auquel un télégramme avait été adressé de Payerne, de MM. Risler et Coaz, nommés membres honoraires.

Communications scientifiques.

M. **Amstein**. Les fonctions abéliennes. (*Voir aux mémoires*.)

M. **Eugène Piccard**. Origine et développement d'un troisième cotylédon chez plusieurs espèces du genre *Opuntia*. (*Voir aux mémoires*.)

MM. JEAN DUFOUR et FAVRAT ajoutent quelques observations sur le même sujet.

M. le Dr **Schardt** décrit plusieurs gisements de terrains quaternaires avec coquilles terrestres et d'eau douce.

La première station se trouve au S.-O. de Nyon (aux Tattes), où la rive du lac Léman, coupée en falaise, offre une succession régulière d'argile glaciaire (à fleur de l'eau), de sables et graviers (4-5^m), suivie d'une couche de *craie lacustre* (0.40^m), terrain qui, jusqu'à présent, n'a pas été cité parmi les sédiments du lac Léman. Cette craie renferme de nombreuses coquilles lacustres (*Limnées*, *Planorbis*, *Bythinia*, etc.). Un lit de graviers et de sable sépare la craie lacustre d'une couche de limon argileux avec coquilles terrestres. Ce terrain est très semblable à une couche de 2^m d'épaisseur qui affleure sur la rive gauche de la Promenthouse, en aval de la scierie du Cordex. Ses allures rappellent beaucoup celles du *loess*, à quoi s'ajoute encore sa faune, qui a beaucoup d'analogie avec celle du *loess*. Pendant qu'aux Tattes ce terrain repose sur des graviers charriés, sa base est formée au Cordex par l'argile glaciaire à galets striés.

Un troisième dépôt quaternaire décrit par M. Schardt est une sorte de terre calcaire et tufeuse qui se forme fréquemment sur le parcours des sources inconstantes qui se perdent dans les prairies. Sur les deux rives de l'Orbe, en aval de Vallorbes, ce terrain forme une nappe assez étendue, surtout en un endroit nommé la Californie. La faune de mollusques se compose de 40 espèces, toutes terrestres, sauf quelques espèces palustres, et qui vivent encore dans la région. Un dépôt analogue avec les mêmes coquilles a été mis à nu à Territet près Montreux, sur l'emplacement du nouvel hôtel des Alpes. (*Voir aux mémoires*.)

M. F.-A. FOREL cite quelques faits relatifs à la présence de plusieurs de ces coquilles dans le lac Léman, en particulier dans la

rade de Morges, où certaines espèces de *Bythinia* forment quelquefois des taches blanches visibles au loin.

MM. RENEVIER et GOLLIEZ parlent encore sur les sujets de la communication de M. Schardt.

M. F.-A. Forel apporte un bloc de calcaire très dur (crétacé moyen) de la gorge de Rhumel, à Constantine (Algérie), perforé par l'*Helix aspersa*. Les trous dans lesquels loge l'animal ont jusqu'à 10 à 12 centimètres de profondeur; ils sont percés de bas en haut. C'est un fait déjà signalé par Kobelt, pour cette même espèce, dans les gorges de l'Isser, près de Palestro, et pour l'*Helix Mazzulii* Jan. (peut-être une variété de l'*H. aspersa*) au Monte Pellegrino, près Palerme, Sicile. (Voyez Ch.-Th. Gaudin, *Bulletin* de la Société vaudoise des sciences naturelles, VI, p. 60.)

M. Forel expose une photographie et des croquis d'un palmier (*Phoenix dactylifera*) à six têtes qui a cru dans le jardin militaire de Biskra. La division du tronc s'est opérée à la hauteur de 1^m.50 environ; la division est complète.

M. Forel décrit un perfectionnement apporté par lui au filet de Müller pour la pêche des organismes pélagiques. Le fond du filet est formé par un cylindre de bois de 5 centimètres de diamètre et de 15 centimètres de longueur, alourdi par du plomb. Le cylindre est fermé par une toile mobile fixée par un anneau de caoutchouc. Après la pêche, cette toile est enlevée pour être lavée à loisir et est remplacée par une toile nouvelle.

LIVRES REÇUS

du 3 novembre 1887 au 7 novembre 1888.

I. Echanges.

(Pendant la période ci-dessus, quand le titre des publications est suivi de chiffres.)

Allemagne.

- BERLIN. Deutsch. geolog. Gesellschaft. Zeitschrift, XXXIX, 2-4; XL, 1. Verhandlungen, 8.
— Physikal. Gesellsch. Fortschritte der Physik, XXXV, 1-3; XXXVIII, 3. Verhandlungen, 1887.
— Königl. preuss. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte, 1887, 49-54; 1888, 1-37.
— Königl. preuss. meteorol. Institut. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen in Deutschland. Jahrg. 1886.
— Botanischer Verein für die Provinz Brandenburg. Verhandlungen, XXIX.
- BONN. Naturhist. Verein der preuss. Rheinlande. Verhandlungen XLIV, 2; XLV, 1.
- BRAUNSCHWEIG. Verein für Naturwissensch. Jahresbericht, III-V.
- BREMEN. Naturwiss. Verein. Abhandlung, X, 1-2.
- CARLSRUHE. Naturwiss. Verein. Verhandlungen, 10.
- CASSEL. Verein für Naturkunde. Berichte.
- CHEMNITZ. Naturw. Gesellsch. Bericht, 10.
- COLMAR. Soc. d'hist. natur. Bulletin, 27-29.
- DARMSTADT. Verein für Erdkunde. Notizblatt, VIII.
- DRESDEN. Naturwiss. Gesellsch. Isis. Sitzungs-Berichte, 1887; 1888, Jan.-Juni.
- DÜRCKEIM. Pollichia. Naturw. Ver. der baier. Pfalz. Jahresber., 43-46.
- ELBERFELD. Naturwiss. Verein. Jahresberichte.
- ERLANGEN. Physik.-Medicin. Societät. Sitzungsberichte, 19tes Heft.
- FRANKFURT a. M. Senckenberg. naturf. Gesellsch. Bericht, 1888.
- FRANKFURT a. O. Naturwissensch. Verein des Regierungsbezirkes. Monatliche Mittheilungen, IV; V, 1-9; VI, 1-3.
— Societatum Litteræ, 1888, 1-5; II, 2.
- FREIBURG i. B. Naturf. Gesellsch. Berichte, II.

- GIESSEN. Oberhessische Gesellsch. für Natur- und Heilkunde. Berichte.
 GREIFSWALD. Naturw. Verein von Neu-Vorpommern und Rügen. Mittheilungen, Jahrg. 19.
 — Geograph. Gesellsch. Jahresbericht.
 HALLE. Ksl. Leop.-Carol. deutsche Akad. der Naturforscher. Nova acta : XLVII, 5; XLIX, 3; L, 6; LI, 2; LII, 2.
 — Naturw. Verein für Sachsen und Thüringen. Zeitschrift LX, 3-6.
 — Verein für Erdkunde. Mittheilungen.
 HAMBURG. Verein für naturw. Unterhaltung. Verhandlungen. Jahresfeier.
 — Naturhistorisches Museum. Bericht, 1886, 1887.
 — Deutsche Seewarte. Meteorologische Beobachtungen, Jahrg. IX. Monatsbericht, 1887, 6-12; 1888, 1-2. Beiheft, I, II.
 HANAU. Wetterauische Gesellsch. für Naturk. Jahresb.
 HANNOVER. Naturh. Gesellsch. Jahresbericht, 34-37.
 HEIDELBERG. Naturh.-medizin. Gesellsch. Verhandlungen, III, 1; IV, 1.
 KIEL. Naturw. Verein für Schleswig-Holstein. Schriften, VII, 1.
 KÖNIGSBERG. Physik.-ökonom. Gesellsch. Schriften, XXVIII.
 LANDSHUT. Botanischer Verein. Bericht.
 LEIPZIG. Naturf. Gesellsch. Sitzungsberichte.
 — Verein für Erdkunde. Mittheilungen, 1887.
 — Wiedemann, G. u. E. Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie, 1887, 10-12; 1888, 1-9.
 — Carus. Zoologischer Anzeiger, 241, 252; 264-284; 286-291.
 MAGDEBURG. Naturwissensch. Verein. Jahresbericht und Abhandlungen, 1887. Das Innere der Erde.
 MANNHEIM. Verein für Naturkunde. Jahresbericht.
 MULHOUSE. Société industrielle. Bulletin, 1887, sept.-déc.; 1888, janv.-mars; mai-sept.
 MÜNCHEN. Königl. bayer. Akad. der Wissensch. Sitzungsberichte, Math.-Physik. Cl. 1887, 2-3; 1888, 1-2.
 — Gesellsch. für Morphologie und Physiologie. Sitzungsberichte II, 1-3; III, 1-3; IV, 1.
 MÜNSTER. Westfälischer-provinzial Verein. Jahresbericht, 15.
 — Zoologische Section des W.-prov. Ver. Jahresber.
 OFFENBACH. Verein für Naturkunde. Berichte, 26-28.
 OSNABRÜCK. Naturwiss. Verein. Jahres-Berichte.
 REGENSBURG. Naturwiss. Verein. Berichte, I.
 STRASBOURG. Soc. des sc. agric. et arts de la Basse-Alsace. Bulletin mensuel, 1887, oct.-déc.; 1888, janv.-oct.
 STUTTGART. Verein für vaterländische Naturk. Jahreshäfte, 44.
 WIESBADEN. Verein für Naturk. Jahrbücher, 40.
 WÜRZBURG. Physik.-medizin. Gesellsch. Zeitschrift, XXI; Sitzungsberichte, 1887.
 ZWICKAU. Verein für Naturk. Jahresbericht.

Autriche.

BRÜNN. Naturforsch. Verein. Verhandlungen, XXV. Bericht der meteor. Commission.

BUDAPEST. Musée national de Hongrie. Revue, XI, 2. Vezetek.

- Ungarisch-geolog. Anstalt. Mittheilungen, VIII, 6; Bulletin, XVII, 7-12; XVIII, 14. — Jahresbericht für 1886: Ueber ungar. Porcellanerden. Die Collectiv-Ausstellung ungarischer Kohlen auf der Wiener Weltausstellung, 1873. Mittheilungen über die Bohrthermen zu Harkany und den Bohrbrunnen zu Alesüth. Ueber die Vervendbarkeit der Rhyolithe für die Zwecke der Keramischen-Industrie.

GRÆZ. Verein der Ärzte. Mittheilungen, Chronik, 1863-1888.

- Naturwissensch. Verein. Mittheilungen, 1886.

INNSBRUCK. Natur.-mediz. Verein. Berichte, XVI.

KLAGENFURT. Naturhist. Landes-Museum. Jahrbuch, Bericht.

KLAUSENBURG. Medic.-Naturwiss. Section des Siebenbürgischen Museum Vereins. Orvos-Term. Ertesito, 1887, I, 1-3; II, 1-3; III, 1-2; 1888, II, 1; XIII, 1-2. Abhandlung, 1.

PRESBURG. Verein für Naturk. Verhandlungen, 5-6.

TRIESTE. Societa adriatica di sc. naturali. Bollettino, X.

- Museo civico di storia naturale. Atti.

WIEN. K. k. geolog. Reichsanstalt. Jahrbuch, XXXVII, 2-4; XXXVIII, 1-3. Verhandlungen, 1887, 9-18; 1888, 1-7, 9-12.

- K. k. geograph. Gesellsch. Mittheilungen, XXX.
- Oesterreich. Gesellsch. für Meteorologie und deutsche meteor. Gesellsch. Meteorologische Zeitschrift, 1887, Nov.-Dez.; 1888, Jan.-Oct.
- Zoolog.-botan. Gesellsch. Verhandl., XXXVII, 3-4; XXXVIII, 1-2.
- Verein zur Verbreitung naturw. Kenntnisse. Schriften XXVIII.
- K. k. Naturhist. Hofmuseum. Annalen, I, 1-4; II, 1-4; III, 2.

Belgique.

BRUXELLES. Académie royale. Bulletin. — Annuaire. — Mémoires, in-4. — Mém. couronnés et des savants étrangers. — Mém. cour. et autres mém., in-8. — Bibliographie académique.

- Observatoire royal. Annales astr.
- Société malacologique, Annales. — Procès-verbaux, 1887, p. 81-141.
- Soc. entomologique. Annales, XXXI. Procès-verbaux. Table v. I-XXX.
- Soc. royale de botanique. Bulletin.
- Soc. géologique. Annales.
- Soc. belge de microscopie. Procès-verbaux, XIII, 2-4; XIV, 1-4, 6. Annales, XI.

LUXEMBOURG. Institut royal grand-ducal. Publications. Observations météor., vol. III, IV.

- Société de botanique. Recueil des mémoires.

Empire britannique.

- ADELAÏDE. Royal society of South Australia. Transactions and Proceedings.
- BELFAST. Natur. hist. and philosoph. society. Proceedings, 1886-87.
- BRISTOL. Naturalist's society. Proceedings, V, 3.
- CALCUTTA. Geological Survey of India. Palæontologia indica. Mémoires, in-8. Records, XX, 3-4; XXI, 1-3.
- DUBLIN. Royal geological society of Ireland. Journal, VII, 2; VIII, 2.
 — Royal Irish Acad. Transactions, XXIX, 1, 2. Proceedings pol. lit. II, 8; science. Cunningham Memoirs, IV. — List of the papers, 1786-1886.
 — Royal society. Scient. Proceedings, V, 7-8; VI, 1-2. Scient. Transactions, III, 14; IV, 1.
 — University biological Association. Proceedings.
- EDINBURGH. Geolog. society. — Transactions.
 — Royal society. Proceedings, XII-XIV. List.
- KEW. Observatory. Report.
- LONDON. Royal microscop. society. Journal, 1887, 6, 6a; 1888, 1-5.
 — Geological society. Quarterly Journal, 172-175.
 — Linnean society. Journal. Zoology, Botany, 145-149, 151, 158. Proceed.
 — Royal society. Proceedings, 259-265, 267-270.
 — Carrington, J.-T. The entomologist, [233, 244, 247], 295-306.
 — Zoological society. Proceedings, 1887, 3-4; 1888, 1-2.
 — Whitaker, W. Geological Record.
- MANCHESTER. Geological society. Transactions, XIX, 11-20.
 — Literary and philosophical Society. — Proceedings, XXV-XXVI. — Memoirs, X.
- MONTREAL. Royal Society of Canada. Proceedings and Transact., III, IV.
- OTTAWA. Geological and natur. History Survey of Canada. Rapport annuel, II. Canadian plants, III, IV.
- SIDNEY. Royal society of New-South Wales. Transactions and Proceedings, XX, XXI.
 — Australian Museum. Annual Report.
- TAUNTON. Archeological and natural History. Proceedings, 1887.
- TORONTO. Canadian Institute. Proceedings, V, 1.
- VICTORIA. Natural History. Prodrômus of the zoology, I-XV.

Danemark.

- COPENHAGUE. Académie royale. Bulletin, 1887, 2-3; 1888, 1.
 — Naturhistorische Forening. Videnskabelige Meddelelser, 1884-1887.

France.

- ABBEVILLE. Société d'émulation. Bulletins, Mémoires, IV. Bulletin des procès-verbaux, 1886-1887.
- ALGER. Association scientifique algérienne. Bulletin.
 — Soc. algérienne de climatologie. Bulletin, 1886, 1887.

- AMIENS. Société linnéenne du Nord de la France. Bulletin, 175-186. Mémoires.
- ANNECY. Soc. florimontane. Revue savoisiennne, 1887, 11-12; 1888, 1-11.
- ANGERS. Société d'études scientifiques. Bulletin.
— Acad. des sc. et belles-lettres. Mémoires.
- AUXERRE. Soc. des sc. histor. et natur. de l'Yonne. Bulletin, 41, 1-2.
- BESANÇON. Soc. d'émul. du Doubs. Mémoires, 6^e sér., I.
- BÉZIERS. Soc. d'étude des sc. natur. Bulletin.
- BORDEAUX. Soc. des sc. hist. et natur. Mémoires, II, 2; III, 1. Observat. pluviom. et thermom., 1885, 1886.
— Soc. linnéenne. Actes, XL, XLI.
- CAEN. Soc. linnéenne de Normandie. Bulletin, 4^e sér., I.
- CHAMBÉRY. Acad. des sciences. Mémoires, XII, 4^e sér., I. Documents, VI. — Description géologique et paléontologique de la colline de Lémenc.
— Société d'histoire naturelle de Savoie, I, 1-4; II, 2.
- CHERBOURG. Soc. des sc. natur. Mémoires, XXV.
- DAX. Société de Borda. Bulletin, 1887, 4; 1888, 1-3.
- DIJON. Académie. Mémoires, 1885-1886.
- LA ROCHELLE. Société des sciences naturelles de la Charente inférieure. Annales, 1886.
- LE MANS. Soc. d'agric. et des arts de la Sarthe. Bulletin, XXX, 4; XXXI, 2, 3.
- LILLE. Soc. géologique du Nord. Annales, XIV.
— Société des sciences, de l'agriculture et des arts. Mémoires (ne nous parviennent pas depuis 1880).
- LYON. Acad. des sc., bell.-lett. et arts. Mémoires; Sciences; Lettres.
— Soc. d'agricult., d'hist. natur. et des arts utiles. Annales.
— Lyon scientifique et industriel, 1887, 8-12; 1888, 1-7.
- MONTPELLIER. Revue des sc. naturelles.
- MARSEILLE. Société de statistique. Répertoire des travaux. Comptendu, 1886, 1887.
— Soc. scientif. industrielle. Bulletin, 1887, 2. Procès-verbaux.
— Soc. scientif. Flammarion. Bulletin, 3^e année.
- NANCY. Académie de Stanislas. Mémoires, IV.
— Société des sciences. Bulletin, VIII, 20, 21.
- NIMES. Soc. d'étude des sc. natur. Bulletin, 1887, 1-3.
- PARIS. Société zoologique. Bulletin, 1887, 2-6; 1888, 1-6.
— Académie des sciences. Comptes-rendus, CV, 18-26; CVI; CVII, 1-18. Tables.
— Soc. des ingénieurs civils. Mém., 1887, 8-12; 1888, 1-8. Annuaire, 1888.
— Soc. géol. de France. Bulletin, XV, 4-8; XVI, 1-5. Mémoires, IV, 3.
— Institut national agronomique. Annales.
— Société minéralogique. Bulletin, X, 7-9; XI, 1-6. 1^{re} table décennale.
— Jeunes naturalistes. Feuille, 206-214, 216, 217. Catalogue, III.
— Soc. d'anthropologie. Bulletin, X, 3-4; XI, 1-2. Mémoires, III, 3-4.

- PARIS. Huberson. Brebissonia.
 — Ecole polytechnique. Journal, 56, 57.
 — Soc. française de physique. Séances, 1887, avril-déc.; 1888, janv.-mars. Résumé des communications, — Mémoires relatifs à la physique.
 PERPIGNAN. Soc. des Pyrénées orientales, XXVIII, XXIX.
 REIMS. Soc. d'hist. natur. Bulletin. Proc.-verb.
 ST-DIÉ. Soc. philom. vosgienne. Bulletin, 12, 13.
 SEMUR. Soc. des sc. histor. et natur. Bulletin, 2^e sér. III.
 TOULOUSE. Soc. d'hist. natur. Bulletin, 1887.

Hollande.

- AMSTERDAM. Acad. roy. des sc. Verslagen en Mededeelingen. Naturk.; Letterk. Proc.-verb., Jaarboek.
 — Société royale de zoologie. Tijdschrift.
 BATAVIA. Magnetical and meteorological observatory.
 HARLEM. Musée Teyler. Archives, III, 1-2. Catalogue, 5-8.
 — Soc. hollandaise des sc. Archives, XXII, 2-5.
 UTRECHT. Institut météorol. des Pays-Bas. Jaarboek.

Italie.

- BOLOGNE. Accad. delle scienze dell'istituto. Rendiconto, 1886-87.
 CATANE. Accademia Gioenia di sc. natur. Atti.
 MILAN. Reale istituto lombardo. Rendiconti, XX. Memorie, XVI, 2.
 — Soc. italiana di sc. natur. Atti, XXX, 1-4.
 MODÈNE. Soc. dei naturalisti. Annuario. Memorie, ser. 3, VI. Rendiconti, III, p. 49-128.
 NAPLES. Station zoologique. Mittheilungen, VIII, 1-2.
 PISE. Soc. toscana di sc. natur. Atti. Memorie.
 PAVIE. Maggi, Zoja, de Giovanni. Bollettino scientifico, IX, 3-4; X, 1-2.
 ROME. Reale accademia dei lincei. Atti, III *b*, 4-13; IV *a*, 1-12. Memorie.
 — Comitato geologico d'Italia. Bollettino, XVIII.
 VENISE. Reale istituto veneto. Atti, V, 2-9.

Portugal.

- LISBONNE. Section des travaux géologiques. Communicações, I, 2. Recueil d'études paléontologiques. Faune crétacique du Portugal. Estudo sobre os bilobites; supplemento. Description de la faune jurassique du Portugal. Mollusques lamellibranches; 2^e ordre, Asiphonidæ.

Russie.

- DORPAT. Naturforscher Gesellsch. Archiv. Biolog. Mineralog. Sitzungsberichte, VIII, 2. Schriften, 2-4.
 — Meteorologische Beobachtungen, 1887, Oct.-Dez.; 1888, Jan.

- EKATERINBOURG. Soc. ouralienne d'amat. des sc. nat. Bulletin.
 HELSINGSFORS. Soc. pro fauna et flora fennica. Meddelanden. Acta.
 KHARKHOW. Soc. médic. de l'Université. Travaux, 1886-88.
 KIEW. Soc. des naturalistes. Mémoires, IX, 1, 2.
 MOSCOU. Soc. impér. des naturalistes. Bulletin, 1887, 4; 1888, 1-2.
 Nouveaux mémoires.
 ODESSA. Soc. des naturalistes de la Nouvelle-Russie. Mém., XII, 2;
 XIII, 1. Bulletin.
 ST-PÉTERSBOURG. Acad. impér. des sciences. Bulletin, XXXII, 1-4.
 — Id. Repertorium für Meteorologie, X. Supplementhand, V.
 — Observatoire physique central. Annales, 1886, 1-2.
 — Jardin impérial de botanique, X, 1.
 — Comité géologique. Mémoires, II, 4, 5; III, 3. Bulletins, VI,
 8-10, suppl. — Carte géologique, feuille.
 — Société impériale russe de géographie. Bulletin, XXIII, 4-6;
 XXIV, 1-2. Procès-verbaux, 1887.

Scandinavie.

- CHRISTIANIA. Université royale de Norvège. Aarsberetning. Forhand-
 linger, I, 1886. — Schübeler. Viridarium norvegicum, II.
 — Commission géodésique. Publications.
 STOCKHOLM. Acad. royale des sc. Bulletin. Biographie des membres.
 (Mémoires) Handlingar. Meteor. Bihang (suppl. aux mém.).
 — Entomologisk Tidskrift. VIII, 1-4.
 TROMSO. Museum. Aarshefter, X.
 UPSAL. Societas regia scientiarum. Nova acta, XIII, 2.

Suisse.

- AARAU. Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen.
 BALE. Naturf. Gesellsch. Verhandlungen, VIII, 2.
 BERNE. Soc. helvét. des sc. natur. Verhandlungen, 70. Nouveaux
 mémoires, XXX, 1.
 — Conseil fédéral. Mémoire sur la construction du chemin de
 fer du Gothard, II.
 — Commission géologique fédérale. Matériaux pour la carte
 géolog. de la Suisse. Feuille V, XXI, XXV et titre. Livr. 22,
 texte et atlas. Beilage zur 24 Lief, II. Theil.
 — Naturforschende Gesellsch. Mittheilungen, 1169-1194.
 COIRE. Naturf. Gesellsch. Jahresberichte, XXX, XXXI.
 FRAUFELD. Naturf. Gesellsch. Mittheilungen, 8.
 FRIBOURG. Soc. des sc. natur. Bulletin, 1883-87.
 GENÈVE. Soc. de phys. et d'hist. natur. Mémoires, XXIX, 2.
 — Institut national. Bulletin, XXVIII. Mémoires.
 — Soc. de géographie. Le Globe. Bulletin, XXVII, 1-2. Mémoire.
 — Société botanique. Bulletin, IV.
 LAUSANNE. Club alpin suisse (section des Diablerets). Jahrbuch
 u. Beilagen.
 — Le Monde de la science et de l'industrie, 1887, 21-24; 1888,
 1-10.

- LAUSANNE. Soc. géologique suisse. *Eclogæ geologicæ helveticæ*, I, II.
 NEUCHÂTEL. Soc. des sc. naturelles. Bulletin.
 PORRENTUAY. Société jurassienne d'émulation. Actes.
 ST-GALL. Naturf. Gesellsch. Berichte über die Thätigkeit, 1885-86.
 SCHAFFHOUSE. Schweiz. entomologische Gesellsch. Mittheilungen,
 VII, 10; VIII, 1.
 SION. Soc. murithienne. Bulletin des travaux.
 ZÜRICH. Naturf. Gesellsch. Vierteljahrsschrift, 1886, 3-4; 1887, 1-3.
 — Schweiz. meteor. Beobacht., 1886. Supplementband.

Amérique.

- BOSTON. American acad. of arts and sciences. Proceedings, XIV, 2.
 — Natural history society. Mem. IV, 1-6. Proceedings.
 BUFFALO. Society of natural sciences. Bulletin, V, 2.
 CAMBRIDGE. Mass. Museum of comparative Zoölogy. Bulletin, XIII,
 5-10; XIV, XV; XVI, 1; XVII, 1. Annual report, 1886-87.
 — American association for the advancement of sciences. Pro-
 ceedings, XXXIV-XXXVI.
 — Entomolog.-club. Psyche.
 CHICAGO. Academy of sciences. Transactions.
 DAVENPORT. Acad. of nat. sc. Proceedings.
 JOWA-CITY. Hinrichs, Gust. Jowa weather. Report, 1886. — Fifth
 biennial Report. — A few facts about the Jowa weather
 service. — Flag signals. — The Jowa weather service and
 how it is supported. — Choice selections from the recent
 history of the administration of the state University of
 Jowa. — The climate of southern Russia an Jowa com-
 pared. — To my Friends correspondents and Observers.
 MADISON. Wisconsin Academy of sc., arts a. letters. Transactions.
 MERIDEN. Conn. Scientific Association. Transactions, II.
 NEW-HAVEN. Connecticut Academy of arts and sciences. Transac-
 tions, VII, 2.
 NEW-YORK. Acad. of sciences. Annals, IV, 1-4. Transact.
 — American museum of natural history. Bulletin. Annual Re-
 port, 1887-88.
 — Journal of compar. medecin and Surgery, IX, 1, 2.
 PHILADELPHIE. Acad. of natural science. Proceedings, 1887, 1-3;
 1888, 1.
 — American philosophical society. Proceedings, 125, 127.
 — Franklin institute. Journal, 743-754.
 — Wagner free Institut. Transactions.
 RALEIGH. Elisha Mitchell Scientific Society. Journal, 1887, 1888.
 SALEM, Mass. Essex institute. Bulletin, XVIII, 1-12.
 — Peabody Academy of science. Annual Report. Memoirs.
 SAN FRANCISCO. California academy of sciences. Bulletin, II, 5-8.
 ST-LOUIS. Acad. of science. Transactions.
 WASHINGTON. Department of agriculture. Report.
 — Smithsonian institution. Annual report.

- WASHINGTON. Geological survey. Mineral Resources of the Un. St. Monographs : X. Bulletin, 34-39. Sixth Ann. Report.
- American medical association. Transact., Journal, IX, 17-21, 23-27; X, 1-6, 8, 10-26; XI, 1-14, 16.
- Bureau of ethnology. Annual Report. Perforated stones from California. — The use of gold and other metals among the anciens inhabitants of Chiriqui, isthmus of Darien. — Bibliography of the Eskimo language. — Bibliography of the Siouan languages. — Work in Mound exploration.
- CORDOBA. Acad. nacional de ciencias de la Republica Argentina. Boletin, X, 1, 2; XI, 1. Actas, II, 1; V, 3.
- MEXICO. Sociedad cientifica Antonio Alzate. Memorias, I, 4, 9-12; II, 1-3.
- RIO DE JANEIRO. Museu nacional. Archivos.
- SANTIAGO. Wissench. Verein. Verhandlungen, 5, 6.

II. Dons.

- Biblioteca nazionale centrale Vittorio-Emanuele. Bollettino delle opere moderne straniere, I, tit. et ind.; II, 1, 4-6, indici; III, 1-3.
- BRUXELLES. Règlement général du grand concours international des sciences et de l'industrie.
- CHAVANNES, S. Eugène Rambert.
- CORREVON, H. Le vote de blâme de la Société Murithienne.
- CHUARD, E. L'azote dans l'air, le sol et les plantes.
- FAVRE, E., et SCHARDT, H. Revue géologique suisse, XVII, 1886; XVIII, 1877.
- FAYE, H. Sur les tempêtes. Théories et discussions nouvelles.
- FOL, H. Recueil zoologique suisse, IV, 4.
- FOL, H., et SARASIN, Ed. Pénétration de la lumière du jour dans les eaux du lac de Genève et dans celles de la Méditerranée.
- FORDHAM, H.-G. Rapport of the « Local scientific societies » Committee. — On a collection of fossils from the upper Greensand of Morden, Cambridgeshire. — A naturalist's calendar for the northern border of Hertfordshire. — A record of water level in a deep chalk well at Barley, Herts. — On the importance of recording erratic blocks. — On local museums. — Fog-Bows at Odsey. — Notes on the structure sometimes developed in chalk. — Notes on boulders and boulder-clay in North Hertfordshire. — Provincial museums of the United Kingdom.
- (Don de M. Fordham.) ELSDEN, J.-V. On the microscopic structure of Boulders found in the north of Hertfordshire.
- BONNEY, T.-G. On the microscopic structure of a Boulder from the Cambridge Greensand found at Aschwell, Herts.
- FOREL, F.-A. La pénétration de la lumière dans les lacs d'eau douce, 1887. — Instruction pour l'étude des lacs.

(Don de M. F.-A. Forel.) Agassiz und seiner Freunde geologische Alpenreisen in der Schweiz, Savoyen und Piemont, 1847.

Geological Survey of N. South Wales. Geology of the vegetable creek Tin-minning Field. Department of mines N. s. W. — Annual Report, 1886.

GUILLEMIN, Et. Hypothèse sur l'origine des comètes.

HAGENBACH, Ed., et FOREL, F.-A. La température interne des glaciers.

HAUG, Em. Extraits de l'Annuaire géologique, III, p. 541-555 : Allemagne, Autriche, Suisse.

HEBERT, Ed. Phyllades de St-Lö et conglomérats pourprés.

Iron and coal Trades Review, n° 1028, 11 nov. 1887.

KRIEG, Mart. praktische Physik. Zeitschrift für Experimentalphysiker, 1888, nos 1, 3.

DE LORIOI, P. Note sur la géologie de la province d'Angola.

(Don de Mme J. Marguet.) Cartes synoptiques journalières construites par N. Hoffmeyer, directeur de l'Institut météorologique danois. Année 1874, janv.-juin, août-nov.; 10 grands cahiers oblongs.

MARGUET, J. Observations météorologiques, 1859, 18 ex.; 1867-1871, 3 ex.; 1868, juin-nov., 5 ex.; 1871, 11 ex.; 1872, déc. 1871-mai, 84 ex.; 1873, avril-sept., 17 ex.; 1874, déc. 1873-août, 7 ex.; sept.-nov., 15 ex.; 1875, 34 ex.; 1876, 61 ex.; 1877, 50 ex.; 1878, 25 ex.; 1874-1879, 32 ex.; 1880, 1 ex.; 1881, 32 ex.; 1882, 11 ex.; 1883, 29 ex.; 1884, 11 ex.; 1885, 28 ex.; 1886, 34 ex. — Résumés météorologiques 1859 et 1860, 4 ex.; 1861, 1862, 10 ex.; 1863, 1864, 2 ex. — De la température moyenne de Lausanne, déduite de 3 années d'observations, 1855, 1856 et 1857. — A propos de l'éclipse de soleil du 18 juillet 1860, 3 ex.

MEYER, J. Le percement des grands tunnels sous les Alpes, 1888.

PLANTAMOUR, Ph. Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air.

PLATEAU, F. Observations du Blaniulus guttulatus et expériences sur la perception de la lumière par ce myriapode aveugle. — Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes, 1^{re}, 2^e et 3^e parties. — Observations sur une grande scolopendre vivante. — Expériences sur le rôle des palpes chez les Arthropodes maxillés. 3^e et dernière partie : Organes palpiformes des crustacés.

PREUDHOMME DE BORE, A. Liste des 105 espèces de coléoptères lamellicornés actuellement authentiquement capturés en Belgique.

PREVOST, J.-L. Rapport du président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour l'année 1886.

RECLUS, E. Nouvelle géographie universelle. XIII, l'Afrique méridionale, 1888.

(Don de M. Reclus.) FORET, Aug. Un voyage dans le Haut Sénégal. Description du fleuve.

GROTH. Etude clinique sur la valeur de l'antipyrine spécialement appliquée à la thérapeutique, 1886.

- [Don de M. Renevier.] Ueber eine neue Quellentheorie auf meteorologischer Basis, v. Dr Otto Volger.
Führer durch das kgl. mineralogisch-geologische und prähistorische Museum zu Dresden.
- VON FELLENBURG, Ed. Geologische Uebersicht über das Excursionsgebiet den centralen Theil des Finsteraarhornmassivs. — Granit und Gneiss in den Berner Alpen.
- DEWALQUE, G. Quelques dosages du fer des eaux de Spa.
- FATIO, V. Rapport du président de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève pour 1887.
- Procès-verbal de la séance du 18 mars 1888, de la Société géologique de Belgique.
- KILIAN. Système crétacé.
- PETITCLERC. Note sur le lias inférieur.
- CHOFFAT, P. Dos terrenos sedimentares da Africa portugueza.
- JENTSCH, Alf. Ueber die neueren Fortschritte der Geologie Westpreussens.
- DE MARGERIE. Compte-rendu de publications relatives à la géologie de l'Asie et de l'Amérique, 1887. — Islande, Scandinavie (géologie en 1887).
- FRITSCH, Ant. Principien der Organisation der naturhist. Abtheilung des neuen Museums, zu Prag. 1888.
- LÆWINSON-LESSING. Die mikroskopische Beschaffenheit des Sordawalits.
- Notice sur les travaux scientifiques de M. Cotteau (Echinides). 1885.
- COTTEAU, G. La géologie au congrès scientifique de Nancy en 1886; — id. à celui de Toulouse, 1887.
- HAAS, H. Ueber die Lagerungsverhältnisse der Juraformation in Gebirge von Fanis in Südtirol.
Die Catastrophe von Zug, 5 Juli 1887.
- BOMBICI, L. Sulla ipotesi dell' azione e selezione magnetica del globo terrestre sulle materie cosmiche interplanetarie contenenti ferro, 1887. — Sulla costituzione fisica del globo terrestre, sull' origine della sua crosta litoide, sulle cause dei moti sismici che più frequentemente vi avvengono, 1887.
- Resoconto sul lavoro della carta geologica d'Italia.
- NICOLIS, E., e PARONA, C.-F. Note stratigrafiche e paleontologiche sul Giura superiore della provincia di Verone, 1885.
- BALTZER, A. Mineral-geolog. Notizen, 1887.
- JUDD, J.-W. Address delivered at the anniversary meeting of the geological society of London, febr. 1888.
- SPENCER, J.-W. Notes upon Warping of the Earth's crust in its relation to the origin of the Basins of the Great Lakes. — Glacial erosion in Norway and in high latitudes. On theory of glacial motion, 1888.
- DE ROUVILLE. L'horizon armoricain dans la région de Cabrières (Hérault). — Note complémentaire sur le prolongement du massif de Cabrières.
- DAUBRÉE, A. Les météorites et la constitution du globe terrestre.
- COGELS. Notice bibliographique sur l'ouvrage de M. J. Jorié, intitulé: Contributions à la géologie des Pays-Bas.

- WINCKLER, J.-C. Carte géologique des dépôts de l'époque diluvienne dans les Pays-Bas.
- LUNDGREN, A.-B. On Sveriges Kritfauna. Nagra anteckningar. DE LA HOUSSEY. Les Dinosaures et le transformisme, 1888.
- DE MORTILLET. Les sépultures de Solutré, 1888.
- HOVELACQUE, M. Sur les propagules du *Pinguicula vulgaris*. — Sur les tiges souterraines de l'*Utricularia montana*.
- GERHARD VOM RATH. Eine Lebensskizze.
- GUIRAUD, Edm. Notice biographique.
- NIKITIN. Sur la propagation de quelques ammonites jurassiques.
- Congrès géologique international, 4^e session. Londres, 1888. Résumés des rapports des sous-comités américains.
- Stabilimenti scientifici della R. universita di Bologna, 1888.
- Geological Department on the British Museum (Natural History).
- GOODCHILD, J.-G. Observations upon the stratigraphical relations on the Skiddaw slates.
- SORET, Ch. Sur l'application des phénomènes de réflexion totale à la mesure des indices de réfraction des cristaux à deux axes.
- Anuarulu biuroulu geologicu. An. 1882-1883, 3; 1888, V, 1.
- VERREY. Hemiachromatopsie droite absolue.
- NATHORST, A.-G. Nya anmärkningar om Williamsonia. — Nagra ord om Schwarzwalds natur af horstbildning.
- BLANFORD, B.-T. Homotaxis, as illustrated from indian formations.
- LANGSDORFF, Wilh. Geologische Karte der Gegend zwischen Laubhütte, Clausthal, Altenau, dem Bruchberge und Osterode. — Ueber den Zusammenhang der Gangsysteme von Clausthal und St-Andreasberg. — Gang und Schichten Studien aus dem westliche Oberharz.
- LANG, Fr. Die Einsiedelei und die Steinbrüche bei Solothurn.
- WOODWARD, H. Address to the geological section of the British association.
- POSTLETHWAITE, J. a. GOODCHILD, J.-G. On some trilobites from the Skiddaw slates.
- Congrès géologique international, Londres 1888. Liste générale des membres.
- BONNEY, T.-G. The foundation-stones of the Earth's crust.
- GOODCHILD, J.-G. Observations on the disposition on the cubital coverts in birds.
- A Broader field for the United states geological survey.
- Editorial comment. The parliament of science in the United States.
- STERRY HUNT, T. Mineralogical evolution.
- DE ROUVILLE. La Société géologique de France à Commeny.
- DEWALQUE, G. Congrès géologique international, 1888. Commission pour l'uniformité de la nomenclature.
- Congrès géologique international, 1888 : Procès-verbal de la séance du mercredi 19 sept. et jeudi 20. — Discours de M. le professeur J. Prestwich, président. — Résumés des rapports des sous-comités américains. — Etudes sur les schistes cristallins.

- GAUDRY, Alb. Sur les dimensions gigantesques de quelques mammifères fossiles.
- DUPARC, L. Notices cristallographiques.
- DE GROSSOUVRE. Observations sur l'origine du terrain sidérolithique.
- RUTOT et VAN DEN BRËCK. Documents nouveaux sur la base du terrain tertiaire en Belgique.
- TOPLEY. Note sur la carte d'Angleterre.
- FIRKET, Ad. Minéraux artificiels pyrogènes. Fayolite. — Alluvions modernes de la vallée de la Meuse.
- GOSSELET. Leçon d'ouverture du cours de géologie appliquée à la géographie.
- ROUX, F. Interrupteur électrique J.-E. Lecoultre.
- SCHARDT, H. Les eaux souterraines à l'époque actuelle et aux époques anciennes, par Daubrée.
- DE SINNER, Ch. La France et le Simplon, 1888.
- SORET, J.-L. Sur quelques phénomènes de mirage. — Note sur les paranthélies. — Sur la polarisation atmosphérique.
- STEENSTRUP, Jap. Kjökkenmöddinger. Ein gedrängte Darstellung dieser Monumente sehr alter Culturstadien, 1886.
- STUDER, Th. Versuch eines Systemes der Alcyonaria. — Ueber den Steinkern des Gehirnraumes einer Sirenoïde aus dem Muschelsandstein von Würenlos (Kt Aargau).
- United States national Museum. Report, 1885, II.
- WEIRAUCH, K. Privatbeobachtungen der Regenstation Alswig, im Jahre 1886.
- WOLF, Rud. Astronomische Mittheilungen, LXX, LXXI.

III. Livres achetés en 1886-1888.

- PERRIER. La philosophie zoologique avant Darwin.
- LENTHERIC. Le Rhône alpestre en Valais.
- DE CANDOLLE. Histoire des sciences et des savants.
- MIGUEL. Organismes de l'atmosphère.
- CHATIN. Les organes des sens.
- AGASSIZ. Sa vie et sa correspondance.
- DARWIN, C. Id.
- BRÜCHNER. Die Vergletschrung des Salzachgebietes.
- FAVRE, Alph. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse, voisines du Mont-Blanc.
- SIMON. Arachnides, III et IV.
- GERBER. Ornithologie européenne.
- BOEHM. Die Bivalven der Stramberger-Schichten.
- KIRCHNER. Die microscopische Pflanzenwelt des Süßwassers.
- BLOCHMANN. Die microscopische Thierwelt.

HERZEN, Al. Activité cérébrale.
MOHN. Grundzüge der Meteorologie.
MÜLLER, Joh. Lehrbuch der Kosmischen Physik.
Rabenhorst. Kryptogamen-Flora. I, 1-2; II, IV. Lief. 1-8.

IV. Abonnements et souscriptions.

Archives de la Bibliothèque universelle.
Archiv für Naturgeschichte.
BERGHAUS. Physikalischer Atlas.
Biologischer Centralblatt.
BRONN. Klassen und Ordnungen des Thier-Reichs.
GMEHLIN-KRAUT. Handbuch der Chemie.
Mémoires de la station zoologique de Naples.
Mémoires de la Société paléontologique suisse.
Nouveaux mémoires de la Soc. helvétique des Sc. naturelles.
Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie.



TABLE DES MÉMOIRES

DU VOLUME XXIV

	Pages
F.-A. FOREL. — La capacité du lac Léman	1
H. BLANC. — <i>Tenia saginata</i> et <i>Bothriocephalus latus</i> avec anneaux perforés (Pl. I)	9
E. GUILLEMIN. — Hypothèse sur l'origine des comètes.	17
J.-B. SCHNETZLER. — Sur la résistance des végétaux à des causes qui altèrent l'état normal de la vie	23
J.-B. SCHNETZLER. — Sur un cas de germination de <i>ranunculus aquatilis</i> , L.	28
Ch. DUFOUR. — Observations faites pendant l'éclipse de lune du 3 août 1887	29
A. ODIN. — Essai d'une application des principes de la mécanique à l'écoulement des glaciers (Pl. II et III)	33
F.-A. FOREL. — Observations phénologiques sur la floraison des perce-neige	64
L. GAUTHIER. — Résumé annuel des observations pluviométriques faites par les stations de la Vallée de Joux en 1887 (Pl. IV)	65
F.-A. FOREL. — Glaçons de neige tenant sur l'eau du Léman	77
Ch. DUFOUR. — Discours d'ouverture de l'assemblée générale du 15 juin 1887	80
J.-B. SCHNETZLER. — Sur le mouvement de rotation du protoplasme	83
H. DUFOUR. — Note sur une nouvelle forme d'hygromètre à condensation (Pl. V).	88
Th. DE MEURON. — Quelques mots sur les phénomènes glaciaires	93
H. AMSTEIN. — Fonctions abéliennes du genre 3 (Pl. VI à X)	99
S. CHAVANNES. — L'éboulement du Tauredunum	173
H. DUFOUR et D. VALET. — Observations météorologiques pour l'année 1887 (Pl. XI et 12 tableaux mensuels)	179
Ch. DUFOUR. — La trombe du 19 août 1887 sur le lac Léman	212
H. BLANC. — Discours d'ouverture de la séance du 20 juin 1888, à Payerne	217
L. PELET. — Résumé des comptes pour 1887	223
Rapport de la commission de vérification des comptes à l'assemblée générale	224

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME XXIV

(Bulletins n^{os} 98 et 99.)

Les chiffres romains se rapportent aux pages des procès-verbaux.

A. AFFAIRES ADMINISTRATIVES

(Voir aux procès-verbaux.)

Assemblées générales. — P. VII et XXVI.

Bibliothèque. — Don de brochures, de M. F.-A. Forel, p. IX. — Don de M. E. Renevier, p. XXIII.

Bulletin. — Publication des procès-verbaux, p. VIII et XVII.

Bureau. — Nomination annuelle, p. VII. — Rapport du président, p. 217.

Caisse. — Projet de budget pour 1888, p. VII. — Concordat Dutoit, p. VIII. — Rapport du caissier, p. 223.

Commissions. — Commission de vérification des comptes, p. VII, XXIV et XXVI. — Commission des finances, p. VIII. — Rapport de la commission de vérification des comptes, p. 224.

Décès. — a) MEMBRES HONORAIRES : MM. de Bary, Planchon et Hayden.

b) MEMBRES EFFECTIFS : MM. J. Marguet, professeur, p. XV.

Démissions. — MM. P. Marguerat, p. VI; — J. Rouillard, p. VII; — Hirzel et Addor, p. IX; — Dr Berney, p. XI; — Ch. Bertholet, p. XIII.

Membres admis. — a) MEMBRES HONORAIRES : MM. Risler, Paul de Gasparin et Coaz, p. XXVI.

b) MEMBRES EFFECTIFS : MM. L. Gauthier, p. V; — Paul Mayor, p. VI; — Ganty-Berney, p. XXIV; — Chuard, préfet; Neiss, Dr; Baud et Champion, à Payerne, p. XXVI; Pfister, Champion, pharmacien; Joly et Gueissaz, p. XXIX.

Faits divers. — Admission des étudiants, p. VIII et XI. — Heures des séances, p. XI. — Invitation au 4^e congrès géologique international, p. XIII. — Délégués à la réunion de la Société helvétique, à Soleure, p. XXVI.

B. TRAVAUX SCIENTIFIQUES

Les communications faisant l'objet d'un mémoire sont marquées d'un (*), et la page est indiquée en chiffres arabes. Les chiffres romains se rapportent aux procès-verbaux.

Mathématiques, Astronomie.

- (*) Origine des comètes, Guillemin, p. 17.
- (*) Eclipse de lune du 3 août 1887, Ch. Dufour, p. 29.
Carrés magiques et leurs formules, P. Mayor, p. xi.
Focal absolument, Rapin, p. xii.
Photographies d'une éclipse de lune, H. Dufour, p. xiv.
- (*) Les fonctions abéliennes du genre 3, H. Amstein, p. 99.

Météorologie, Physique du globe.

- Température de la glace du glacier d'Arolla, F.-A. Forel, p. ii.
- Couleur des eaux des lacs, F.-A. Forel, p. viii.
- Observations pluviométriques à Morges, en 1887, Ch. Dufour, p. ix.
- Tremblement de terre du 19 décembre 1887, F.-A. Forel, p. x.
- (*) Observations météorologiques du Champ-de-l'Air pour 1887, H. Dufour et D. Valet, p. 179.
- Tremblements de terre de 1884-1886, F.-A. Forel, p. xi.
- Températures exceptionnelles à la vallée de Joux, à fin janvier 1888, Gauthier, p. xiv et xvi.
- (*) Application des principes de la mécanique à l'écoulement des glaciers, A. Odin, p. 33.
- Photographies de glaciers, F.-A. Forel, p. xv.
- (*) Glaçons de neige sur l'eau du lac, F.-A. Forel, p. 77.
- Observations météorologiques à Cossonay, Bussy, p. xx.
- (*) Observations pluviométriques en 1887, à la vallée de Joux, A. Gauthier, p. 65.
- Electromètre Excur, photographies d'éclairs, etc., H. Dufour, p. xx.
- Solidification des liquides sous pression, H. Dufour, p. xxi.
- Réfractions et mirages, F.-A. Forel, p. xxii.
- Profil du fond du lac, R. Guisan, p. xxiv.
- Couleur et lumière, comparaison entre l'Algérie et les Alpes, F.-A. Forel, p. xxv.
- (*) Trombe du 19 août 1887, Ch. Dufour, p. 212.

Physique pure et appliquée.

- Compteur d'électricité Borel et Paccaud, H. Dufour, p. ii.
- (*) Nouvel hygromètre à condensation, H. Dufour, p. 88 et p. xix.
- Interrupteurs électriques, E. Lecoultré, p. vii et xv et vol. XXIII.
- Spectroscope nouveau, H. Dufour, p. xiv.
- Pistolet pour l'inflammation des mèches, Guillemin, p. xxiii.
- Hygromètre enregistreur, H. Dufour, p. xxvii.
- Phénomènes de dispersion chromatique dans l'eau, F.-A. Forel, p. xxviii.

Géologie, Minéralogie, Paléontologie.

- Mâchoire de didelphe des couches rhétiennes, Lugeon, p. V.
- Ossements de marmottes trouvés à Montoie, S. Chavannes, p. x.
- Charbon trouvé dans la moraine de Penthaz, S. Chavannes, p. xi.
- Représentation des oscillations du sol pendant les périodes géologiques, Renevier, p. xiii.

- Structure des Dents-du-Midi, Schardt, p. xv.
 Gisements fossilifères nouveaux, Schardt, p. xvi.
 Mâchoire de Pycnodus, Schardt, p. xvi.
 Lignites intra-glaciaires, S. Chavannes, p. xvii.
 (*) Blocs erratiques, de Meuron, p. 93.
 Course dans les Alpes maritimes, Renevier, p. xx.
 Fac-similés et fossiles divers, empreintes de palmiers, etc., Renevier, p. xxi.
 Cistudo Portisi, Golliéz, p. xxv.
 Terrains crétaciques moyens de la vallée de Joux, Golliéz, p. xxv.
 Gisements quaternaires avec coquilles terrestres et d'eau douce. Schardt, p. xxix.

Chimie.

- Elimination du cuivre des vins sulfatés, E. Chuard, p. v.
 Echantillons métallurgiques de cuivre, W. Robert, p. v.
 Nouvel hydrate de chlorure de cuivre, E. Chuard, p. xiv.
 Les Dichroïnes, Brunner, p. xxvii.

Zoologie, Anatomie, Physiologie.

- Protoplasme des cellules interstitielles de l'ovaire, N. Lœwenthal, p. I.
 Observations sur la fatigue des nerfs, A. Herzen, p. 9.
 (*) Taénias et Bothriocéphales fenêtrés, H. Blanc, p. 9.
 Présence de chauves-souris sur le lac, en décembre 1887, F.-A. Forel, p. x.
 Tache germinative des ovules primordiaux, N. Lœwenthal, p. xvi.
 Mouvements fonctionnels du cœur, Herzen, p. xvii.
Encystus fuscicollis, Bugnion, p. xix.
Tænia elliptica, Bieler, p. xix.
Gordius aquaticus, F.-A. Forel, p. xxviii.
 Calcaire perforé par *helix aspersa*, F.-A. Forel, p. xxx.
 Perfectionnement du filet de Müller, F.-A. Forel, p. xxx.

Botanique, Agriculture, Sylviculture.

- Euphrase nouvelle, *Euphrasia Christii*, Favrat, p. II.
 Emploi des lies de vin pour le collage, Guillemin, p. vi.
 Blackrot et Coïtre, J. Dufour, p. vi.
 Tubercules obtenus d'un *Stachys* du Japon, Bieler, p. x.
 Noyers d'Amérique, P. Mayor, p. xvii.
 Hibernation du puceron lanigère, J. Dufour, p. xviii.
 (*) Résistance des végétaux aux conditions anormales de vie, J.-B. Schnetzler, p. 23.
 (*) Germination de *Ranunculus aquatilis*, J.-B. Schnetzler, p. 28.
 Emploi du nickel pour robinetterie, Guillemin, p. xxi.
 Influence du sulfatage sur les vins, J. Dufour et Chuard, p. xxii.
 Coco de mer, R. Guisan, p. xxiii.
Eremurus robustus, présentation d'un exemplaire, J.-B. Schnetzler, p. xxiv.
 (*) Mouvement rotatoire du protoplasma, J.-B. Schnetzler, p. 83.
 Situation phylloxérique du vignoble de Zurich, J. Dufour, p. xxviii.
 Pyrale de la vigne, J. Dufour, p. xxviii.
 Troisième cotylédon des opuntia, Piccard, p. xxix.
 Photographie d'un palmier à six têtes, F.-A. Forel, p. xxx.

TABLE DES AUTEURS

- AMSTEIN, H.**
(*) Les fonctions abéliennes du genre 3, p. 99.
- BIELER.**
Div. tubercules de *Stachys*, p. x.
Tœnia elliptica, p. xix.
- BLANG, H.**
(*) *Tœnias* et *Bothriocéphales* fé-
nétrés, p. 9.
- BRUNNER.**
Les *Dichroïnes*, p. xxvi.
- BUGNION, E.**
Encystus fuscicollis, p. xix.
- BUSSY.**
Observat. météorologiques, p. xx.
- CHAVANNES, S.**
(*) Eboulement du Tauredunum,
p. 173.
Ossements de marmottes, p. x.
Charbon de la moraine de Pen-
thalaz, p. xi.
Lignites intra-glaciaires, p. xvii.
- CHUARD, E.**
Elimination du cuivre des vins
sulfatés, p. v.
Nouvel hydrate de chlorure de
cuivre, p. xiv.
Influence du sulfatage sur le vin,
p. xxii.
- DUFOUR, Ch.**
(*) Éclipse de lune du 3 août 1887,
p. 29.
Observat. pluviométriques, p. ix.
(*) La trombe du 19 août 1887,
p. 212.
- DUFOUR, H.**
Compteur Borel et Paccaud, p. ii.
(*) Hygromètre à condensation,
p. 88 et xix.
(*) Observations météorologiques
en 1887, p. 179.
Photographies d'éclipse de lune,
p. xiv.
Spectroscope nouveau, p. xiv.
Electromètre Excur, p. xx.
Solidification des liquides sous
pression, p. xxi.
Hygromètre enregistreur, p. xxvii.
- DUFOUR, J.**
Coitre et Blackrot, p. vi.
Hibernation du puceron lanigère,
p. xviii.
Influence du sulfatage sur le vin,
p. xxii.
Situation phylloxérique du vigno-
ble de Zurich, p. xxviii.
Pyrale de la vigne, p. xxviii.
- FAVRAT, Louis.**
Euphrasia Christii, p. ii.
- FOREL, F.-A.**
(*) La capacité du Léman, p. 1.
(*) Observat. phénomologiques sur la
floraison des perce-neige, p. 64.
Température de la glace de la
grotte d'Arolla, p. ii.
Couleur des eaux des lacs, p. viii.
Tremblements de terre, p. x et xi.
Chauves-souris volant en décem-
bre, p. x.
Photographies de glaciers, p. xv.
(*) Glaçons de neige sur l'eau du
Léman, p. 77.
Réfractions et mirages, p. xxii.
Lumière et couleur dans les Al-
pes et en Algérie, p. xxv.
Dispersion chromatique d's l'eau,
p. xxviii.
Capture d'un nouvel exemplaire
de *Gordius aquaticus*, p. xxviii.
Calcaire perforé par *helix aspersa*,
p. xxx.
Photographie d'un palmier à six
têtes, p. xxx.
Perfectionnement du filet Muller,
p. xxx.
- GAUTHIER.**
(*) Observat. pluviométriques, p. 65.
- GOLLIEZ.**
Cistudo Portisi, p. xxv.
Terrains crétaciques moyens du
Val de Joux, p. xxv.
- GUILLEMIN, ing.**
Emploi des lies au collage des
vins, p. vi.
Emploi du nickel pour robinets,
p. xxi.

- Pistolet pour l'inflammation des mèches, p. xxii.
 (*) Origine des comètes, p. 17.
- GUISAN, R.**
 Coco de mer, p. xxiii.
 Profil du fond du Léman, Ouchy-Evian, p. xxiv.
- HERZEN, A.**
 La fatigue des nerfs, p. ii.
 Mouvement fonctionnels du cœur, p. xvii.
- LECOULTRE, E.**
 Interrupteurs élect., p. vii et xv.
- LÆWENTHAL, N.**
 Protoplasme des cellules interstitielles de l'ovaire, p. i.
 Tache germinative des ovules primordiaux, p. xvi.
- LUGEON, M.**
 Mâchoire de didelphe, p. v.
- MAYOR, P.**
 Carrés magiques, p. xi.
 Noyers d'Amérique, p. xvii.
 Roches striées, p. xxiv.
- MEURON DE.**
 (*) Quelques mots sur les phénomènes glaciaires, p. 93.
- ODIN.**
 (*) Ecoulement des glaciers, p. 33.
- PICCARD, Eug.**
 Troisième cotylédon d'opuntia, p. xxix.
- RAPIN.**
 Focal absolumètre, p. xii.
- ROBERT, W.**
 Cuivre, échantillons métallurgiques, p. v.
- RENEVIER.**
 Oscillations du sol des Alpes aux périodes géologiques, p. xiii.
 Course dans les Alpes maritimes, p. xx.
 Fac-similés et fossiles divers, p. xxi.
 Empreintes de palmiers, p. xxi.
- SCHARDT.**
 Structure des Dents-du-Midi, p. xv.
 Nouveaux gisements fossilifères, p. xvi.
 Mâchoire de Pycnodus, p. xvi.
 Terrains quaternaires avec coquilles terrestres et d'eau douce, p. xxix.
- SCHNETZLER, J.-B.**
 (*) Résistance des végétaux aux causes qui altèrent l'état normal de la vie, p. 23.
Eremurus robustus, Regel, p. xxiv.
 (*) Germination de *ranunculus aquatilis*, p. 28.
 (*) Mouvement du protoplasma, p. 83.



LIBRAIRIE F. ROUGE

rue Haldimand, 4, Lausanne.

ŒUVRES D'EUGÈNE RAMBERT

LES ALPES SUISSES

ONT PARU :

RÉCITS & CROQUIS. Seconde édition.

Contenu : Les cerises du vallon de Gueuroz. — Le chévrier de Praz-de-Fort. — Une bibliothèque de montagne. — Interlaken. — La batelière de Postunen. — In-12 3 fr. 50

ASCENSIONS & FLANERIES. Alpes vaudoises et Dent du Midi.

Contenu : Les plaisirs d'un grimpeur. — La Dent du Midi. — Bex. — Deux jours de chasse sur les Alpes vaudoises. — Une course manquée. — C'est le renard, histoire de chasse. — Villars, Chesières et les Alpes vaudoises, etc. — In-12 3 fr. 50

ASCENSIONS & FLANERIES. Alpes centrales.

Contenu : Linththal et les Clarides. — Le Pilate et le Righi. — Le Rayon bleu. — Le Bristenstock. — De Schwytz à Schwytz, par Sion. — Le Rheinthal après l'inondation. — In-12 3 fr. 50

ÉTUDES D'HISTOIRE NATURELLE.

Contenu : Les plantes alpines. — La flore suisse et ses origines. — La question du föhn. — Le voyage du glacier. — In-12 3 fr. 50

ÉTUDES HISTORIQUES & NATIONALES.

Contenu : Les Alpes et la liberté. — Notre forteresse. — De l'art national. — Les landsgemeindes de la Suisse. — In-12 3 fr. 50

DU MÊME AUTEUR :

Dernières poésies, les Gruyériennes et poésies diverses, joli vol. élzévir 5 fr.

Société vaudoise des Sciences naturelles, sa fondation, son développement 60 c.

Montreux, histoire et description. Vol. in-12, avec cartes et illustr., 2 fr. 50

Bex et ses environs. Guide et souvenirs. Vol. in-12, avec illustr., 3 fr.

DERNIÈRES PUBLICATIONS ET ACQUISITIONS

Les Perles de la poésie française contemporaine. Choix des meilleures traductions des poètes contemporains : LAPRADE, SOULARY, LECONTE DE L'ISLE, LEMOYNE, BANVILLE, BEAUDELAIRE, MANUEL, THEURIET, PAILLON, SULLY PRUDHOMME, COPPÉE, AICARD, RICHEPIN, MAUPASSANT, BOURGET, BORNIER, ACKERMANN, etc. — Quatrième édition, revue et augmentée. Beau volume de 700 pages. Broché, 7 fr.; relié 9 fr.

Grande carte murale du canton de Vaud, par MAGNENAT-GLOOR. Quatrième édition, en quatre feuilles coloriées par districts et cercles. 12 fr. Montée sur rouleaux et vernie 20 fr.

Les renseignements que cette carte donne la rendent très utile aux hommes d'affaires, bureaux, banques, etc.

Son emploi dans les écoles est recommandé par le Département de l'instruction publique.

LIBRAIRIE F. ROUGE

Rue Haldimand, 4, Lausanne.

- Petite carte du canton de Vaud. Seconde édition, en feuille, 60 c.;
Sur toile 90 c.
Cette carte est obligatoire, par décision du Conseil d'Etat, pour l'enseignement supérieur dans les écoles primaires.
- Carte archéologique du canton de Vaud, par le baron DE BONSTETTEN, accompagnée d'un texte explicatif. Grand in-4 6 fr. 50
- Lausanne dès les temps anciens, par Rod. BLANCHET. In-8, avec planches 4 fr.
- L'église romane de Saint-Sulpice (Vaud) et sa restauration. Etudes historiques et archéologiques, par MM. DE PERROT, CÉRÉSOLE, WIRZ et REDARD. In-8, avec plans et croquis 2 fr.
- Répertoire des lois fédérales, par C. GILLIÉRON, avocat. In-8, rel. 2 fr. 75
- Répertoire des arrêts rendus par le Tribunal cantonal, 1846-1877, inclusivement, par H. BIPPERT, avocat et anc. juge cantonal. In-8, 3 fr. 50
- Histoire sainte, à l'usage des écoles et des familles, par Th. Secrétan, ancien Directeur du Collège d'Aigle. — Seconde édition.
Ancien Testament. 1 vol. in-16, cart. 1 fr.
Nouveau Testament. 1 vol. in-16, cart. 1 fr.
- Du magnétisme et de la construction des machines dynamo-électriques, par R. CHAVANNES, ingénieur. Seconde édition. In-8, avec deux planches 2 fr.
- Extraits des manuels du Conseil de Lausanne. *Troisième série* (1536 à 1564), par Ernest CHAVANNES 2 fr. 50
La première série comprend les années 1383 à 1511 1 fr. 50
La seconde série, les années 1512 à 1536 3 fr. 50
- Un grand prédicateur américain, Henry Ward Beecher, 1813 à 1887, d'après l'anglais. In-12 3 fr.
- Résumé sur l'état actuel de la science en matière de spiritisme expérimental, par le Dr BOREL. In-8 50 c.

EN SOUSCRIPTION :

LA SUISSE SOUS LE PACTE DE 1815

par B. VAN MUYDEN.

Prix de la souscription : 6 fr.

EN PRÉPARATION :

- Analyse qualitative, par M. BRUNNER, professeur à l'Ecole de pharmacie et à l'Académie de Lausanne.
- Eléments d'économie politique pure, par M. WALRAS, professeur d'économie politique à l'Académie de Lausanne.

POUR PARAÎTRE EN JUIN :

Le cinquième volume des œuvres de E. RAMBERT :

Etudes de littérature alpestre et la Marmotte au Collier.





SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01307 4133